

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О. В. Гондляр

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 - Галузеве машинобудування

**на тему: «Чотирьохвалковий каландр з модернізацією механізму
прогину валка»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ЛП-71мп

Марусич Максим Ігорович _____

Керівник:

Нестеров Валерій Григорович _____

Консультант з розділу модернізація

доцент каф. ХПСМ,
д.т.н., доц. Щербина В.Ю.

Рецензент _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування

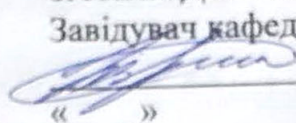
Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

Спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 О.В.Гондлях

2018 р

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Марусячу Максиму Ігоровичу

1. Тема дисертації Чотирьох Валковий каландар з
модернізацією механізму прогину Валка
науковий керівник дисертації Нестеров В.Г
затверджені наказом по університету від «12» листопада 2018р. № 01439-С

2. Строк подання студентом дисертації 1.12.18

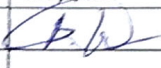



3. Об'єкт дослідження Механізм комплексції прогину
Валка

4. Вихідні дані: Чотирьох Валковий каландар;
габаритні розміри Валка 3500/600; товщина
виробленої продукції 5мм

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Проведення розра-
хунків каландра та його вузлів. Виконання
модернізації. Креслення базових конструкцій та
модернізації. Виконання розрахунків за допомогою
системи ANSYS. Виконання креслення за допомогою
програми Auto-Cad. Розроблення Start-up проекту

6. Перелік графічного матеріалу Чотирьох валковий каландр, Модеризований складальний валок, механізм регулювання зазору валка, Розрахунки в системі ANSYS, креслення загального валка в системі CAXA, універсальний циліндраль, сучасна автоматизація, Валок,
7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації (не може бути науковий керівник)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю		
ТМ та Експ.	Борщак С.О.		

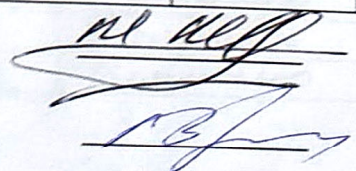
9. Дата видачі завдання 01.09.2018

Календарний план

№	Назва етапів виконання дисертації	Строк виконання	Примітка
1	Вибір базової конструкції	10.09.18	вик.
2	Літературно-патентний пошук	20.09.18	вик.
3	Проведення розрахунків	15.10.18	вик.
4	Проведення розрахунків в системі ANSYS	25.10.18	вик.
5	Розроблення start-up проекту	6.11.18	вик.
6	Виконання креслення агрегату та вузлів.	18.11.18	вик.
7	Виконання розділу ТМ та Експ.	20.11.18	вик.

Студент Марусич М.І.

/Керівник Нестаров В.Г.



РЕФЕРАТ

В магістерській дисертації представлено чотирьох валковий каландр із S-подібним розташуванням валків, призначення якого виробництво реліну та лінолеуму на основі різних компонентів, у промисловості будівельних матеріалів. За допомогою каландра виконується остаточні обробка і формування пластичної маси, що калібрується в нижньому зазорі товщиною 0,4...3 мм.

Після проведення літературного та патентного оглядів було знайдено шляхи модернізації механізмів компенсації прогину валка і перехрещення валків. Проведено порівняльні розрахунки базових конструкцій та модернізованої а також параметричні, кінематичні, теплові розрахунки та розрахунки на міцність, які підтверджують працездатність агрегату та доцільність обраної модернізації. Розроблено start-up проект в якому були проаналізовані всі можливості та загрози майбутнього виробництва, визначено сильні та слабкі сторони за рахунок яких є можливість виходу на провідні позиції в виробництві лінолеуму та реліну. розроблена схема автоматизації та заходи охорони праці.

За допомогою мови програмування auto-lisp було спроектовано модернізовану конструкцію валка з вмонтованим в нього механізмом компенсації прогину.

Таким чином, розроблена машина є повністю працездатною і більш вигідною для її використання. Удосконалена конструкція дозволяє отримувати якіснішу продукцію за рахунок впровадження змін, в той же час відбулося зменшення габаритів конструкції та її металоємність.

КАЛАНДР, ВАЛОК, ЛІНОЛЕУМ, РЕЛІН, МІЖВАЛКОВИЙ ЗАЗОР,
КОМПЕНСАЦІЯ ПРОГИНУ ВАЛКА.

РЕФЕРАТ

В магистерской диссертации представлены четыре валковый каландр с S-образным расположением валков, назначение которого производство релина и линолеума на основе различных компонентов, в промышленности строительных материалов. С помощью каландра выполняется окончательная обработка и формирование пластической массы калиброванного в нижнем зазоре толщиной 0,4 ... 3 мм.

После проведения литературного и патентного осмотров было найдено пути модернизации механизмов компенсации прогиба валка и пересечения валков. Проведены сравнительные расчеты базовых конструкций и модернизированной а также параметрические, кинематические, тепловые расчеты и расчеты на прочность, подтверждающие работоспособность агрегата и целесообразность выбранной модернизации. Разработан start-up проект в котором были проанализированы все возможности и угрозы будущего производства, определены сильные и слабые стороны за счет которых есть возможность выхода на ведущие позиции в производстве линолеума и релина. разработана схема автоматизации и меры охраны труда.

С помощью языка программирования auto-lisp было спроектировано модернизированную конструкцию валка с вмонтированным в него механизмом компенсации прогиба.

Таким образом, разработанная машина полностью работоспособной и более выгодной для ее использования. Усовершенствованная конструкция позволяет получать качественную продукцию за счет внедрения изменений, в то же время произошло уменьшение габаритов конструкции и ее металлоемкость.

КАЛАНДР, ВАЛОК, ЛИНОЛИУМ, РЕЛИН, МЕЖВАЛКОВЫЙ ЗАЗОР, КОМПЕНСАЦИЯ ПРОГИБА ВАЛКА.

Abstract

The master's thesis presents four roll calenders with an S-shaped arrangement of rolls, the purpose of which is the production of relin and linoleum based on various components in the building materials industry. With the help of a calender, final processing and formation of a plastic mass calibrated in the lower gap with a thickness of 0.4 ... 3 mm is performed.

After conducting literature and patent examinations, ways were found to modernize the mechanisms for compensating the roll deflection and the intersection of the rolls. Comparative calculations of basic structures and modernized, as well as parametric, kinematic, thermal calculations and strength calculations, confirming the efficiency of the unit and the feasibility of the selected modernization, are carried out. A start-up project was developed in which all the possibilities and threats of future production were analyzed, strengths and weaknesses were identified due to which it is possible to reach leading positions in the production of linoleum and relin. developed a scheme of automation and measures of labor protection.

Using the auto-lisp programming language, a modernized roll design with a deflection compensation mechanism built into it was designed.

Thus, the developed machine is fully operational and more beneficial for its use. The improved design allows to obtain high-quality products by introducing changes, at the same time there was a decrease in its dimensions of the structure and its intensity.

CALENDER, ROLL, LINOLEUM, RELIN, INTERCAVE CLEARANCE,
COMPRESSION OF FLEXIBLE ROLL.

РЕФЕРАТ

В магістерській дисертації представлено чотирьох валковий каландр із S-подібним розташуванням валків, призначення якого виробництво реліну та лінолеуму на основі різних компонентів, у промисловості будівельних матеріалів. За допомогою каландра виконується остаточні обробка і формування пластичної маси, що калібрується в нижньому зазорі товщиною 0,4...3 мм.

Після проведення літературного та патентного оглядів було знайдено шляхи модернізації механізмів компенсації прогину валка і перехрещення валків. Проведено порівняльні розрахунки базових конструкцій та модернізованої а також параметричні, кінематичні, теплові розрахунки та розрахунки на міцність, які підтверджують працездатність агрегату та доцільність обраної модернізації. Розроблено start-up проект в якому були проаналізовані всі можливості та загрози майбутнього виробництва, визначено сильні та слабкі сторони за рахунок яких є можливість виходу на провідні позиції в виробництві лінолеуму та реліну. розроблена схема автоматизації та заходи охорони праці.

За допомогою мови програмування auto-lisp було спроектовано модернізовану конструкцію валка з вмонтованим в нього механізмом компенсації прогину.

Таким чином, розроблена машина є повністю працездатною і більш вигідною для її використання. Удосконалена конструкція дозволяє отримувати якіснішу продукцію за рахунок впровадження змін, в той же час відбулося зменшення габаритів конструкції та її металоємність.

КАЛАНДР, ВАЛОК, ЛІНОЛЕУМ, РЕЛІН, МІЖВАЛКОВИЙ ЗАЗОР, КОМПЕНСАЦІЯ ПРОГИНУ ВАЛКА.

РЕФЕРАТ

В магистерской диссертации представлены четыре валковый каландр с S-образным расположением валков, назначение которого производство релина и линолеума на основе различных компонентов, в промышленности строительных материалов. С помощью каландра выполняется окончательные обработка и формирование пластической массы калиброванного в нижнем зазоре толщиной 0,4 ... 3 мм.

После проведения литературного и патентного осмотров было найдено пути модернизации механизмов компенсации прогиба валка и пересечения валков. Проведены сравнительные расчеты базовых конструкций и модернизированной а также параметрические, кинематические, тепловые расчеты и расчеты на прочность, подтверждающие работоспособность агрегата и целесообразность выбранной модернизации. Разработан start-up проект в котором были проанализированы все возможности и угрозы будущего производства, определены сильные и слабые стороны за счет которых есть возможность выхода на ведущие позиции в производстве линолеума и релина. разработана схема автоматизации и меры охраны труда.

С помощью языка программирования auto-lisp было спроектировано модернизированную конструкцию валка с вмонтированным в него механизмом компенсации прогиба.

Таким образом, разработанная машина полностью работоспособной и более выгодной для ее использования. Усовершенствованная конструкция позволяет получать качественную продукцию за счет внедрения изменений, в то же время произошло уменьшение габаритов конструкции и ее металлоемкость.

КАЛАНДР, ВАЛОК, ЛИНОЛИУМ, РЕЛИН, МЕЖВАЛКОВЫЙ ЗАЗОР,
КОМПЕНСАЦИЯ ПРОГИБА ВАЛКА.

Abstract

The master's thesis presents four roll calenders with an S-shaped arrangement of rolls, the purpose of which is the production of relin and linoleum based on various components in the building materials industry. With the help of a calender, final processing and formation of a plastic mass calibrated in the lower gap with a thickness of 0.4 ... 3 mm is performed.

After conducting literature and patent examinations, ways were found to modernize the mechanisms for compensating the roll deflection and the intersection of the rolls. Comparative calculations of basic structures and modernized, as well as parametric, kinematic, thermal calculations and strength calculations, confirming the efficiency of the unit and the feasibility of the selected modernization, are carried out. A start-up project was developed in which all the possibilities and threats of future production were analyzed, strengths and weaknesses were identified due to which it is possible to reach leading positions in the production of linoleum and relin. developed a scheme of automation and measures of labor protection.

Using the auto-lisp programming language, a modernized roll design with a deflection compensation mechanism built into it was designed.

Thus, the developed machine is fully operational and more beneficial for its use. The improved design allows to obtain high-quality products by introducing changes, at the same time there was a decrease in its dimensions of the structure and its intensity.

CALENDER, ROLL, LINOLEUM, RELIN, INTERCAVE CLEARANCE,
COMPRESSION OF FLEXIBLE ROLL.

Зміст

ВСТУП.....	8
1 Призначення технологічної лінії	10

2	Технічна характеристика чотирьох валкового каландра	13
3	Опис і обґрунтування даної конструкції	15
3.1.	Опис конструкції, основних збиральних одиниць та деталей	15
3.2	Вибір матеріалів	16
4	Літературно-патентний пошук.....	17
5	Модернізована конструкція збірного валка	34
6	Автоматична система керування.....	36
6.1	Загальні відомості	36
6.2	Технологія змішування й гомогенізації гуми в каландрі	36
6.3	Чотирьох валковий каландр подібний як об'єкт автоматизації.....	38
6.4	Опис системи сигналізації.....	40
6.5	Заказна специфікація засобів автоматизації	41
7.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	43
7.1.	Характеристика проектного об'єкта і місця його впровадження.	43
7.2.	Характеристика можливих небезпечних та шкідливих виробничих факторів.	44
7.3	Промислове освітлення.....	45
7.4	Характеристики вентиляційної системи	45
7.5	Електробезпека.....	49
7.6	Характеристика виробництва по пожеже- і вибухонебезпечності.....	52
7.7	Боротьба з надзвичайними ситуаціями на виробництві.	53
7.8	Висновки	55
8	Маркетинг Start-up проект	56
8.1	Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології).....	56
8.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	56

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартаппроекту.....	57
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	70
8.5 Розроблення маркетингової програми стартаппроекту	72
Висновки	74
Література.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Калáндр — агрегат для безперервного формування листа гуми, полімеру, паперу або текстилю методом пропускання матеріалу (сировини) через зазор між обертовими валками. У результаті каландрування отримується полотно необхідної товщини та ширини. Також за допомогою каландра наносять малюнки та різноманітні візерунки методом тиснення. Однією з основних характеристик каландра є число валків, їх взаємне розташування, довжина, діаметр та робоча зона.

Найбільше поширення каландрові машини знайшли в папероробній промисловості. Зараз виробництво паперу майже не можливе без використання цих агрегатів. Але попри це вони також широко використовуються в промисловості де використовуються полімерні матеріали. Найпоширенішим виробництвом в цій галузі за допомогою каландрів являється виробництво лінолеума та реліна. Лінолеум випускається у вигляді рулонів шириною від 0,5 до 5 м, довжиною від 12 до 45 м при товщині від 1 до 10 мм (спеціальні лінолеум для укладання в громадських, виробничих, спортивних або складських спорудах мають товщину 8-10 мм).

ПВХ лінолеум виготовляють промазним, вальцово-каландро-вим і екструзійних способами.

Процес виробництва ПВХ лінолеума:

- Підготовка суспензії, сировиною для отримання лінолеуму валково-каландровим способом служить суспензійний полівінілхлорид
- В масу додають натуральні барвники і в результаті оксидування лляної олії отримують різнокольорові гранули. Після змішування гранул різних кольорів і концентрацій отриману суміш пресують в каландрових машинах.
- Отриманий матеріал рубають на смуги, укладають їх одна на одну і знову пропускають через каландр. Виходить виключно щільна структура товщиною від 10 см до 2 мм.

- При виготовленні багатошарового лінолеуму його дублюють (склеюють) з оздоблювальною плівкою і теплозвукоізоляційною основою.

Саме знання особливостей виготовлення лінолеума дає можливість забезпечити задану її товщину, рівнотовщинність полотна, зберегти і навіть покращити комплекс фізико - механічних та експлуатаційних властивостей.

Найбільше розповсюдження в виготовленні лінолеума мають такі полімерні матеріали: ПВХ та гума.

1 Призначення технологічної лінії

Технологічні операції виробництва лінолеуму вальцово-каландровим способом (рис. 1.1) здійснюються в залежності від прийнятої різновиди продукції, що випускається: безосновний одношаровий лінолеум, безосновний багатошаровий і основний (на повсті). Виготовлення безосновного одношарового лінолеуму включає: первинне змішання віддозованих за складом при температурі $60-80^{\circ}\text{C}$ компонентів; вторинне змішання і пластифікацію з підйомом температури до $140-150^{\circ}\text{C}$; пластифікацію маси переробкою її на вальцах, що підігріваються до температури $120-140^{\circ}\text{C}$; вторинне формування полотна на чотирьох валкових каландрі; охолодження готової продукції на холодильному барабані, поверхня якого охолоджується водою до 40°C ; подачу на намотувальний верстат.

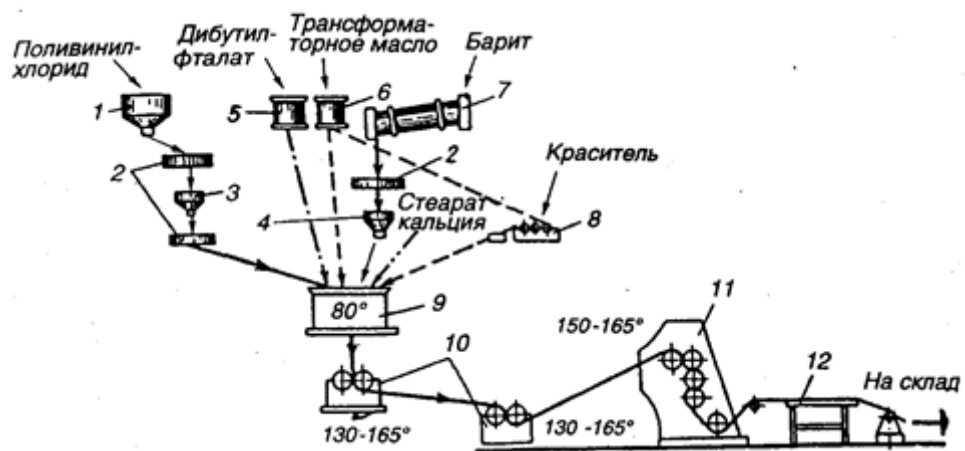


Рис. 1.1 Технологічна схема виробництва полівінілхлоридного лінолеуму вальцово-каландровим способом:

- 1,3 - бункери для полівінілхлоридного полімеру; 2 - вібраційні сита;
 4 - бункер для бариту; 5 - мірник дибутилфталата;
 6 - мірник трансформаторного масла; 7 - сушильний барабан;
 8 - Фарботерка; 9 - Z-образна мешалка; 10 - змішувальні вальці;
 11 - каландр; 12 - бракувальний стіл

При випуску безосновного багатошарового лінолеуму технологія включає: виготовлення лицьової плівки; виготовлення плівки для нижнього шару (або нижніх шарів); склеювання (дублювання) плівок. Для виготовлення плівок використовують суспензійний полі-вінілхлорид, наповнювачі, пігменти, пластифікатори і стабілізатори. Перемішана маса надходить на каландр і далі на охолоджувальний барабан. Товщина лінолеуму обумовлена зазором між двома останніми валками. Дотримується певний термічний режим на стадії проходження формуючої маси.

Одношаровий і багатошаровий лінолеум випускають в рулонах завдовжки 12 м і шириною 1,5-1,6 м, товщиною 1,6-2,0 мм. Стираність 0,05 г / см².

Технологічні операції при виробництві лінолеуму Кекст-рузіонним способом складаються в наступній послідовності: підготовка сировини; приготування суміші для верхнього і для нижнього шару; Екструдування сумішей з отриманням двошарового полотна. Білий порошкоподібний полімер і крейда як наповнювач в певному масовому співвідношенні (по проектному складу), інтенсивно перемішані в двухступенчатом змішувачі протягом 2-2,5 хв (для лицьової маси) і 5-5,5 хв (для маси нижнього шару), при температурі 40-80 ° С з'єднують з пластифікатором (зазвичай діоктилфталат). Після внесення інших компонентів (стабілізатора - частіше стеарата свинцю; пігменту необхідного кольору і інтенсивності) при температурі 120 ° С загальну суміш перемішують протягом 4-5 хв (лицьовий шар) і 6-7 хв (нижній шар), а потім отриману масу переміщують в другий щабель змішувача і охолоджують. Потім масу знову переміщують при температурі 40 ° С протягом 7 хв (лицьовий шар) і 10-11 хв (нижній шар).

Приготовлені суміші пневмотранспортом переводяться в ємності, розташовані над екструдерами. У екструдерах суміш рівномірно прогрівається і направляється до підігрітому (тенами) мундштука для виготовлення

двошарового лінолеуму. Завершальна операція - термообробка полотна при температурі 130 ° С для повної релаксації напружень.

Гумовий лінолеум (релін) - двошаровий рулонний матеріал, верхній шар якого виготовляють із синтетичних каучуків, наповнювачів і барвників і додаткових речовин різного призначення. Нижній шар формують з суміші старої роздробленої гуми і бітуму. В якості наповнювача використовують білу сажу - силікагель, деревне борошно, азбест, каолін, крейда. Для вулканізації гумових сумішей вводять порошкоподібну сірку і прискорювачі реакції - тіурам або дифенілгуанідин (теж у вигляді порошку). Підсилюють дію зазначених каталізаторів введенням оксиду цинку.

Верхній і нижній шари реліну виготовляють окремо, а потім їх з'єднують (дублюють) з одночасною вулканізацією каучуку і сирової роздробленої гуми. Вулканізація, як відомо, потрібно для підвищення міцності, твердості, еластичності, тепло- і морозостійкості, зниження розчинності в органічних розчинниках як каучуку, так і регенованої з «Мягчители» (маслом) старої гуми.

Виробництво реліну складається з наступних основних операцій: виготовлення верхнього шару; виготовлення нижнього шару; дублювання (склеювання) шарів і вулканізація; обрізка, розбраковування і упаковка.

Релін випускають у вигляді рулонів довжиною 12 м, шириною 1,4-1,6 м, товщиною 3-5 мм, з різною забарвленням. Властивості: водопоглинання за 24 год - не більше 2%, стираність - 0,05 г / см², пружність - не менше 50%.

2 Технічна характеристика чотирьох валкового каландра

Основна інформація про агрегат подається за допомогою технічних характеристик. За допомогою цих показників проводиться порівняння даної конструкції з аналогами а в подальшому для вибору і обґрунтування обраного варіанту. Основні показники та технічні характеристики каландру наведено в таблиці 2.1

Параметри	Технічна характеристика
Кількість валків	4
Продуктивність, м/хв	50-78
Діаметр робочої частини валка , мм	680
Довжина робочої частини валка , мм	1800
Ширина корда, мм	1600
Швидкість валків , м/хв(мин ⁻¹)	5-60
Фрикція между валками: 1 (нижним) и 2	1:1.04
3 и 4	1:1.04
Зазор між валками, регульований, найбільший, мм	100
Температура валків, °С	35-120
Нагрів валків	пар
Охолодження валків	вода
Встановлена потужність електродвигуна, кВт: привода валків	200
Габаритні розміри, мм, довжина ширина висота	9000 5500 4200
Маса , кг	86000

Таблиця 2.1

3 Опис і обґрунтування даної конструкції

3.1. Опис конструкції, основних збиральних одиниць та деталей

Чотирьохвалковий S-подібний каландр (рисунок 3.1) складається з фундаментної плити 1, станини 2, нижнього виносного валка 3, нижнього основного валка 4, верхнього основного валка 5, верхнього виносного валка 6, механізму завантаження верхнього зазора, дзеркала 8 та механізму завантаження нижнього зазора.

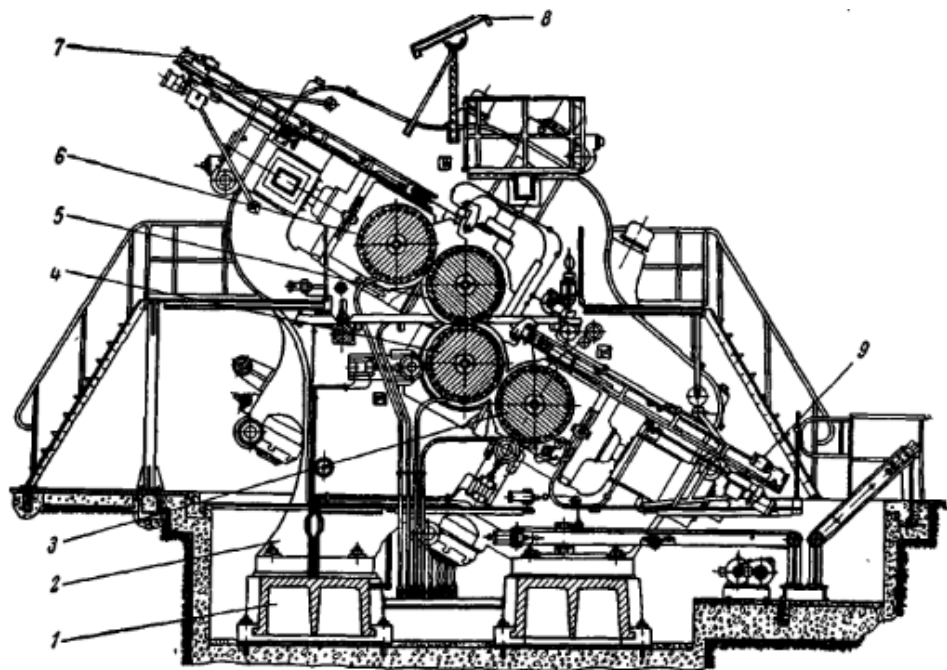


Рис. 3.1. Чотирьохвалковий каландр з S-подібним розташуванням валків:

- 1 - фундаментна плита; 2 - станина; 3 - нижній виносний валок;
 4 - нижній основний валок; 5 - верхній основний валок;
 6 - верхній виносний валок; 7 - механізм завантаження верхнього зазора;
 8 - дзеркало; 9 - механізм завантаження нижнього зазора.

Чотирьохвалковий каландр з S-подібним розташуванням валків показаний на рис. 2.1. У цьому каландрі для полегшення умов його обслуговування і кращого розміщення контрольно-вимірювальних приладів нижній виносний валок 4 і верхній виносний валок 10 розташовані під кутом 45° до вертикальної осі Каландра (в Z-подібному каландрі цей кут складає 90°). Всі валки Каландра виготовлені з вибіленого чавуну. Основні валки 5 і 11

циліндричні. Робоча швидкість виносних валків дорівнює 8-80 м / хв, основних валків становить 5,85-58,5 м / хв.

Особливість даного каландру полягає в тому, що валки можна розсовувати до 125 мм, тому привід кожного валка здійснюється від окремого електродвигуна постійного струму П-112 (потужність 125 кВт, напруга 440 В, частота обертання 1000 об / хв) через індивідуальні редуктори. Валки з циліндричною поверхнею обігріваються і охолоджуються водою, яка подається зі станції приготування води. Робоча температура валків до 120 ° С, вона регулюється автоматично з точністю до ± 3 ° С по довжині валка.

Механізми регулювання зазору між валками індивідуальні. Вони встановлені на кожному кінці валка з приводом від окремих електродвигунів постійного струму П-52 (потужність 4,5 кВт, напруга 220 В, частота обертання 1000 об / хв) через двоступеневі редуктори.

Такі редуктори дозволяють значно скоротити розміри приводу. При заправці каландру зазори між валками можуть досягати 125 мм, а при роботі - від 1 до 50 мм.

Механізм перехрещення валків складається з двоступеневого черв'ячного редуктора з передавальним числом $i = 1872$ електродвигуна змінного струму і гідроциліндрів односторонньої дії; робочий тиск масла 12 МПа, хід поршня 85 мм, діаметр 210 мм. Максимально допустима величина перехрещення валків 80 мм.

Каландр забезпечений живильним пристроєм, що складається з транспортера і маятникової головки. Для обрізання полотна є дискові ножі з електрообігрівом.

3.2 Вибір матеріалів

Оскільки в технології ставляться підвищені вимоги до міцності та надійності машини у відповідності з рекомендаціями вибираємо для вузлів і деталей сталь 40ХН2МА (ГОСТ 9940-88) з межею міцності при розтягуванні 200 МПа, а межею плинності 470 МПа. Болти виготовляються із Сталі 40Х(ГОСТ 1050-88), які використовуються для деталей машин з підвищеними

вимогами. Шайби виготовляються із сталі Ст3 (ГОСТ 380-94); межа міцності такої сталі при розтягуванні не менше 470 МПа.

4 Літературно-патентний пошук

Літературно патентний пошук проводиться з метою зменшення металоємності та габаритів конструкції, можливості охолодження валка, знайти рішення та механізми компенсації прогину валка. Базова конструкція валка наведена в [4]. Недоліком базової конструкції являється неможливість виготовлення рівнотовщинних матеріалів та габаритність агрегату. Для вирішення даної проблеми було переглянуто патенти [22-37]. Найбільш вдалим для рішення даної проблеми являються патенти [22], [23], [30], [31], [33], [34], [36], [37].

В патенті [22] запропоновано збірний валок з дисками через які проходять канили охолодження та обігріву.

В патенті [23] запропоновано рішення проблеми за допомогою теплоізоляційного щита.

В патенті [30] запропоновано рішення проблеми за допомогою спеціального механізму та його різновиди.

В патенті [31] запропоновано рішення проблеми шляхом використання контр-вала в середині валка.

В патенті [33] запропоновано збірний валок з спеціальним механізмом розпору валка.

В патенті [34] запропоновано схему роботи каландра та екструдера.

В патенті [36] запропоновано обігрів валка за допомогою системи електромагнітного опалення.

В патенті [37] запропоновано спосіб регулювання збірного валка.

Зі всіх переглянутих патентів було вибрано патенти [30] та [33] так як вони найбільш відповідають вибраному напрямку модернізації.

US4050510A Каландр нагрівання рулону [22]

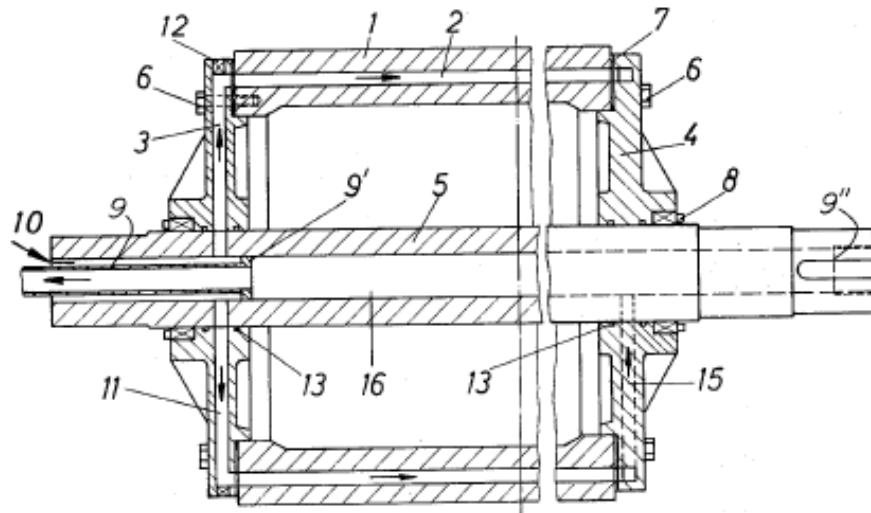


Рис.3.1 Конструкція валка

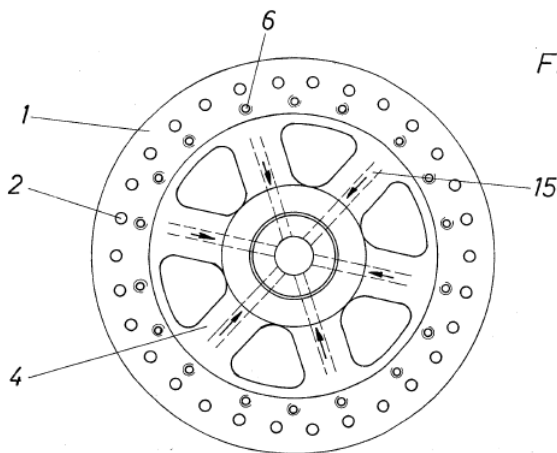


Fig. 2

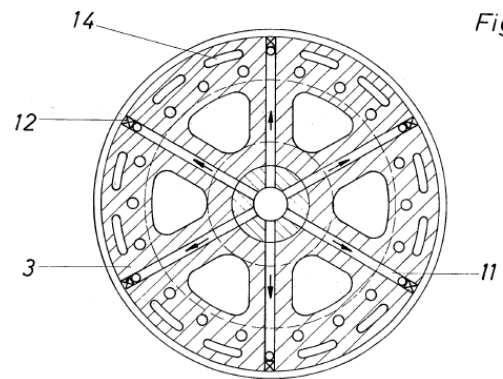


Fig. 3

Рис.3.2 Диски з каналами ожолодження

Корпус з чавуну має безліч каналів для охолодження, паралельних осі корпусу. Два кінцеві диска, також з чавуну, підтримують два кінці корпусу. В кінцевих дисках передбачено множину радіальних каналів для обігріву та охолодження корпусу. Проходи розташовані для передачі тепла від нагрівача в ньому до кінцевих структур і корпусу.

US4605366A Каландр для тиску та термічної обробки матеріалу [23]

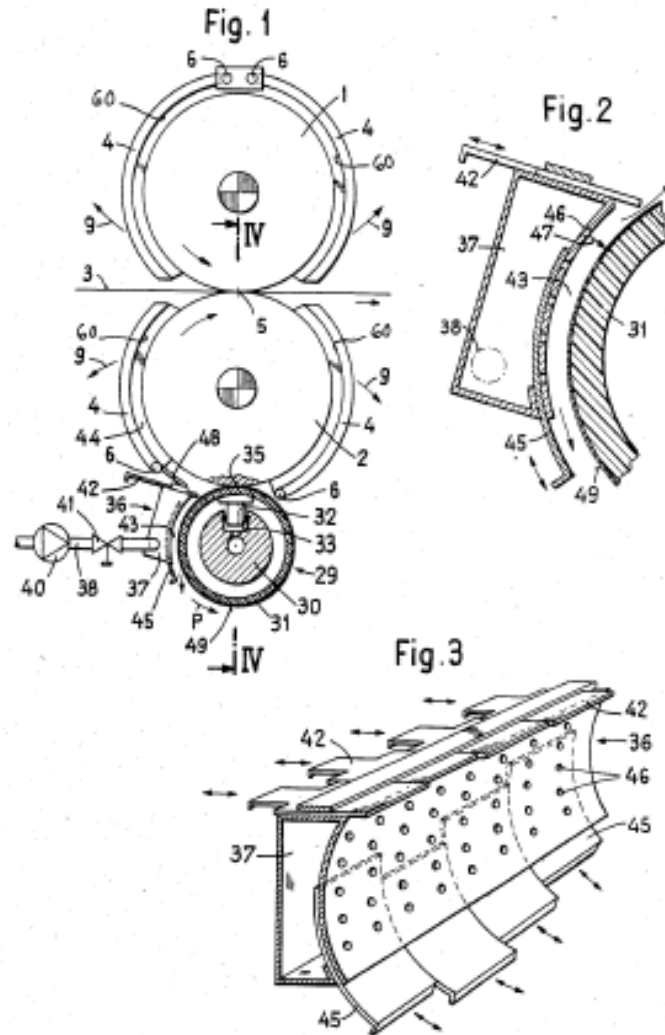


Рис.3.3 Валок з теплоізоляційними щитами

Принаймні один валок каландру нагрівається та оснащується теплоізоляційними щитами, прикріпленими до країв каландру, і теплоізоляційними кінцевими кришками, розташованими на кінцях рулонів. Контр-вал (контрольований прогинний вал) взаємодіє з нагрітим валком у напрямку дії тиску на нього. Контр-ролл оснащений охолоджувальним пристроєм (вентилятором), який можна регулювати в зонах охолодження поверхні агрегату.

US4852209A Апарат для очищення валків каландру тощо [24]

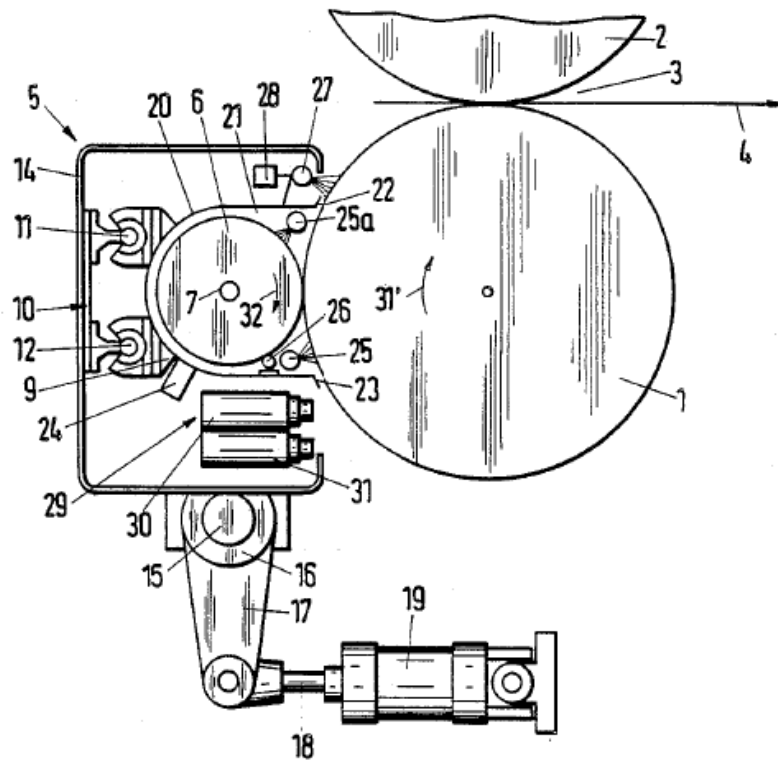


Рис.3.4 Апарат для очищення валків каландру

Апарат для періодичного видалення домішок з периферії валка каландру включає роторний очищуючий пристрій у вигляді щітки або кількох фетрових дисків і має довжину осі в діапазоні 5-10 см. Очищувальна установка є рухомою у зворотному напрямку рулону, уздовж відповідного направляючого пристрою, і може рухатися вперед і назад двигуном, щоб видалити домішки, які виявляються мобільним пристроєм контролю. Останній може бути встановлений на рамі для чистячого пристрою або може рухатися вздовж рулону незалежно від засобу для чищення. Апарат може бути встановлений на вхідній або вихідній стороні гнізда каландрового валу з супровідним валком. Рамка для чистячого засобу може нести одну або більше форсунок, які спрямовують воду або іншу рідину (наприклад, розчинник) на чистячу установку, і одну або декілька форсунок, які продукують струми повітря на периферії валка

US5456871A Апарат для керування зазором валка каландру [25]

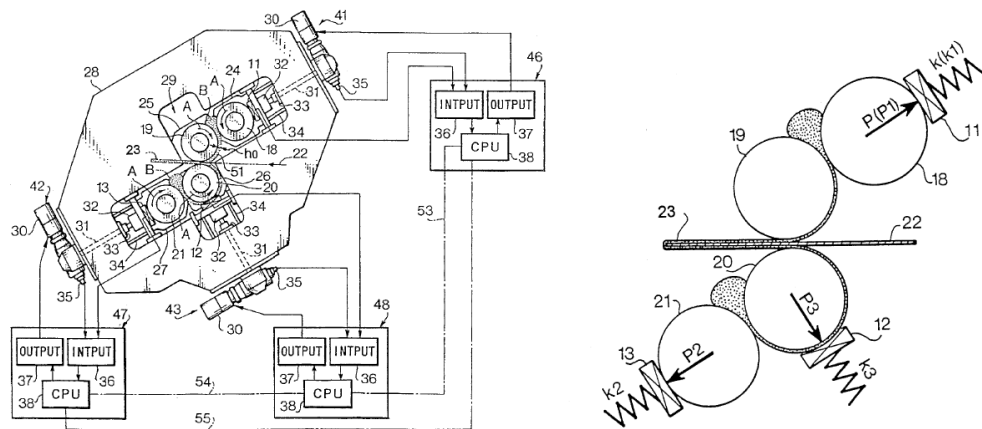


Рис.3.5 Схема керування зазором між валками

Система керування проміжним валом каландра з першим і другим валками (18, 19) прокатки сировини (В) включає в себе блок вимірювання навантаження (11) для виявлення зміни прокатного навантаження між першим і другим валками (18, 19), пристрій регулювання положення валка (41) для збільшення / зменшення зазору валка та регулятора (46), для обчислення зміни зазору валу (Δh) на основі зміни навантаження валка (ΔP), для активації пристрою регулювання положення валка (41) та для компенсації зміни проміжності валків (Δh). Розраховується константа пружини (k) першого та другого валків (18, 19) та механічних елементів (24, 25, 28), що підтримує ці валки каландра, і зміна прокатного навантаження (ΔP) ділиться на константу пружини. Фактором ($\Delta P / k$) є зміна коефіцієнта зазору (Δh).

US4768433A Контролер гарячого повітря валка каландру [26]

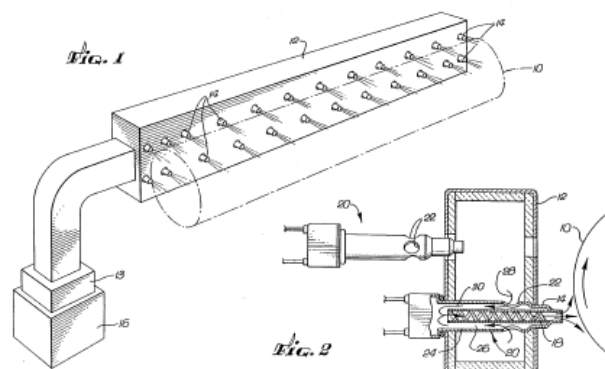


Рис.3.6 Контролер гарячого повітря валка каландру

Пристрій для керування діаметром циліндричних ділянок обертового каландрового валка. Пристрій містить принаймні одне сопло, яке спрямовує струмінь повітря навпроти рулону каландру. Потік повітря з кожного сопла залишається приблизно постійним. Тільки температура струменя змінюється, оскільки нагрівальні елементи, пов'язані з кожним соплом, піддаються напрузі або вимикаються. Теплове розширення або скорочення внаслідок локалізованого нагрівання або охолодження струменями повітря виправляє локальні неоднорідності в діаметрі валка каландра.

US5961899A Апарат і метод контролю вібрації для валків каландру тощо
[27]

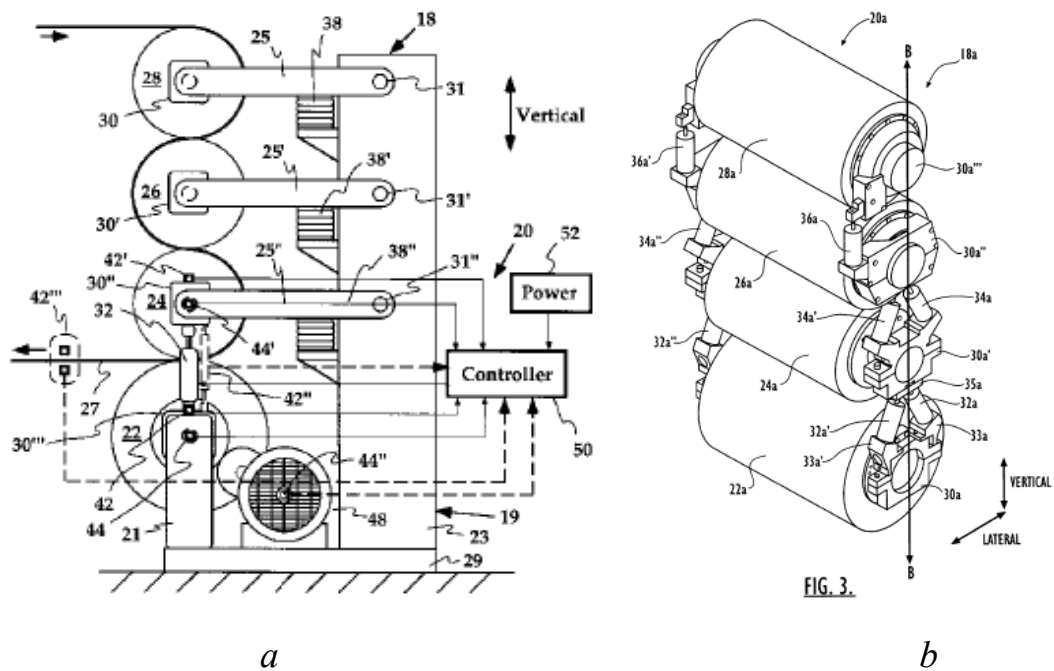


Рис.3.7. а - метод контролю вібрації для валків каландру, б - варіант розміщення валків та їх кріплення

Апарат керування вібрацією (20) та механізм каландру (18) для керування вібрацією між двома або більше валками (наприклад, 22, 24), який контролює коливання індукованих товщин полотна (27), що виходить з зазору. Апарат (20) включає в себе раму (19), перший і другий валики (22, 24), встановлені відносно рами (19), та генератор сил (32), наприклад, електромеханічний привід, гідравлічний привід, контрольована напівактивна кришка, Активний

вібраційний амортизатор (АВА) або адаптивний вібраційний амортизатор забезпечує сили відключення, для керування вібрацією між першим і другим валком (22, 24), таким чином, керуючи такими коливаннями, викликаними коливаннями товщиною полотна (27). Переважно, пристрій (20) містить щонайменше один датчик (наприклад, 42, 42', 42'', 42''') для забезпечення сигналу, що представляє стан вібрації принаймні одного з першого або другого рулону (22, 24) а бажано, обидва, і цифровий контролер (50) для обробки сигналу, що представляє вказаний стан вібрації, відповідно до типу керування живленням забезпечуює керуючий сигнал генератору сил (32). Вертикальна та бічна вібрація рулонів (22, 24) може контролюватися одночасно. Аналогічно, фундаментальні коливальні частоти та їхні гармоніки можна регулювати індивідуально або в комбінації.

US3060843A конструкція каландру з контролем відхилення [28]

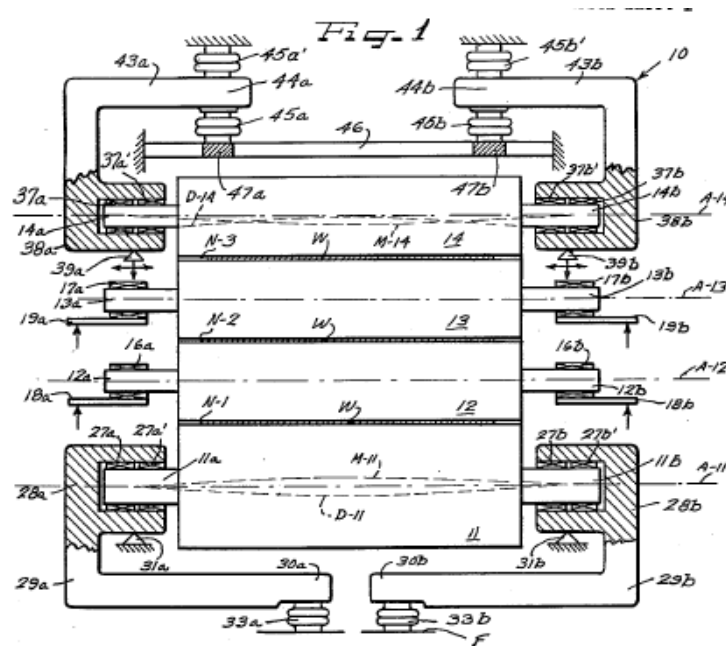


Рис.3.8 Схема роботи каландру

Одним з об'єктів даного винаходу є надання поліпшеного кріплення верхнього валка каландру для регулювання навантажень, затискання по всій конструкції.

Ще одним об'єктом даного винаходу є надання удосконаленого кріплення для валків, що забезпечує затиск, застосовуючи силову пару до кінцевих частин валка без застосування навантаження на підшипники.

US3273199A Каландр для нанесення фольги та аналогічного синтетичного матеріалу [29]

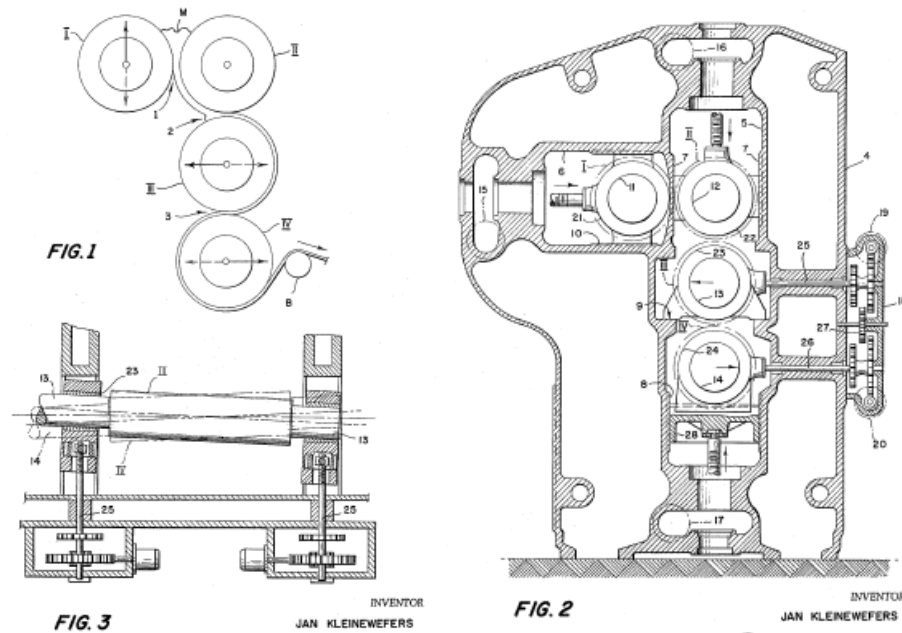


Рис.3.9 Механізм компенсації прогину валка

Об'єктом даного винаходу є створення каладру для нанесення фольги та аналогічного синтетичного матеріалу, що дає змогу фользі залишити каландр вздовж прямої доріжки та практично рівної товщини.

Ще одним об'єктом даного винаходу є надання каландру, як зазначено у попередньому пункті, змоги компенсувати різні згини валків, що виникають в результаті різних навантажень.

US4520723A Валок тиску для використання в каландрах тощо [30]

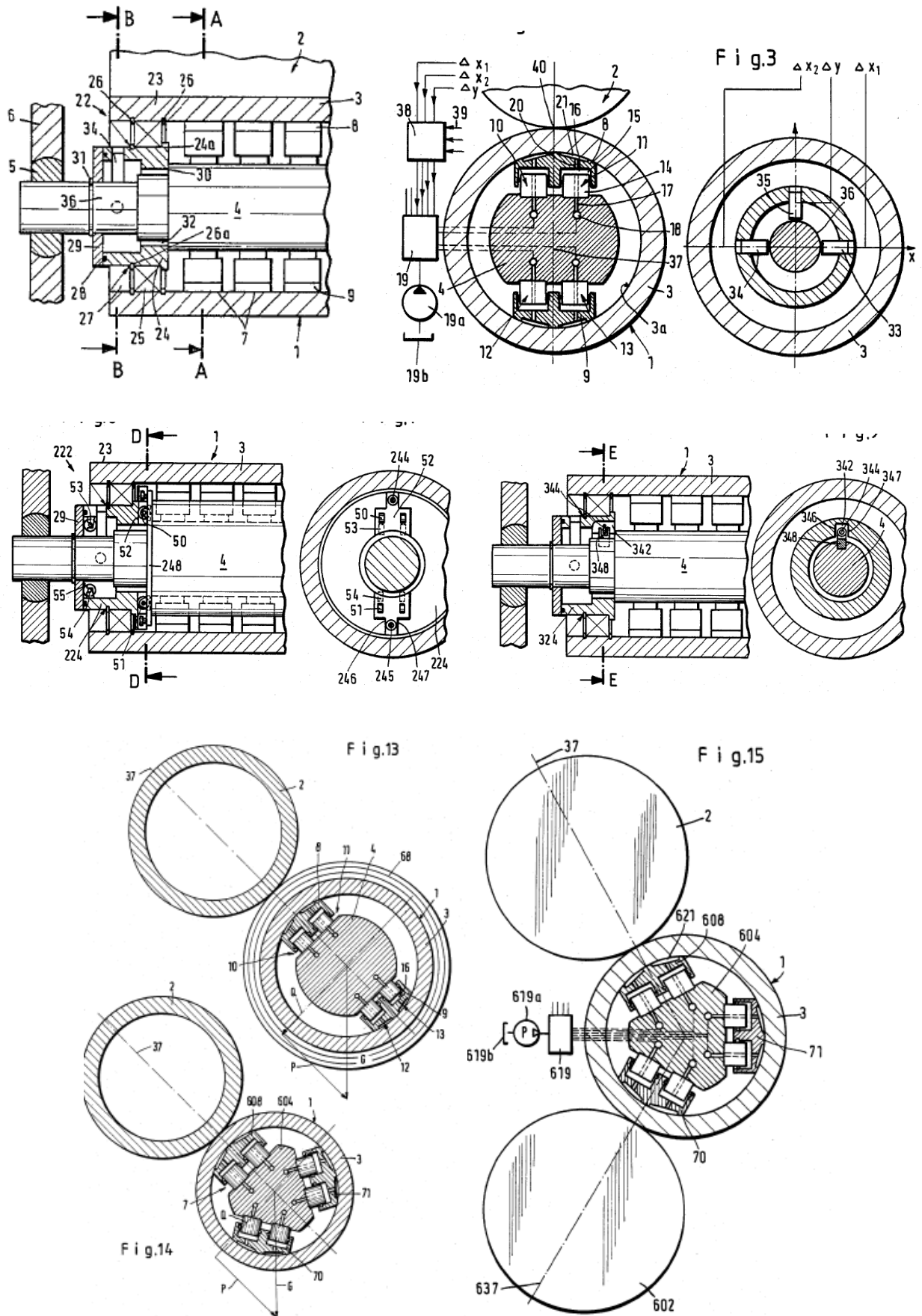


Рис.3.10 Конструкції валка тиску

Тисковий валок, призначений для використання в каландрі, має промінь, кінцеві частини якого встановлені в нерухомому каркасі і розташованому довільно в оточенні порожнистої циліндричної оболонки. Групи гідростатичних опорних елементів встановлюються в просторі між оболонкою та променем, і кожна така група має кілька допоміжних елементів, що розглядаються в окружному напрямку оболонки. Кожний супровідний елемент має декілька циліндрів, що передають гідравлічний тиск, і поршневі вузли, які прилягають один до одного, як вважається в окружному напрямку оболонки. Осі оболонки утримується в опорній площині, яка включає в себе вісь валу тиску, а також вісь сусіднього валка, і таке утримання осі оболонки в опорній площині здійснюється виключно шляхом регулювання тиску гідравлічною рідиною у вибраних одиницях передачі тиску. Кінець частини оболонки рухомиться по радіальній поверхні відповідних частин променя.

US5029521A Каландр і метод роботи ним [31]

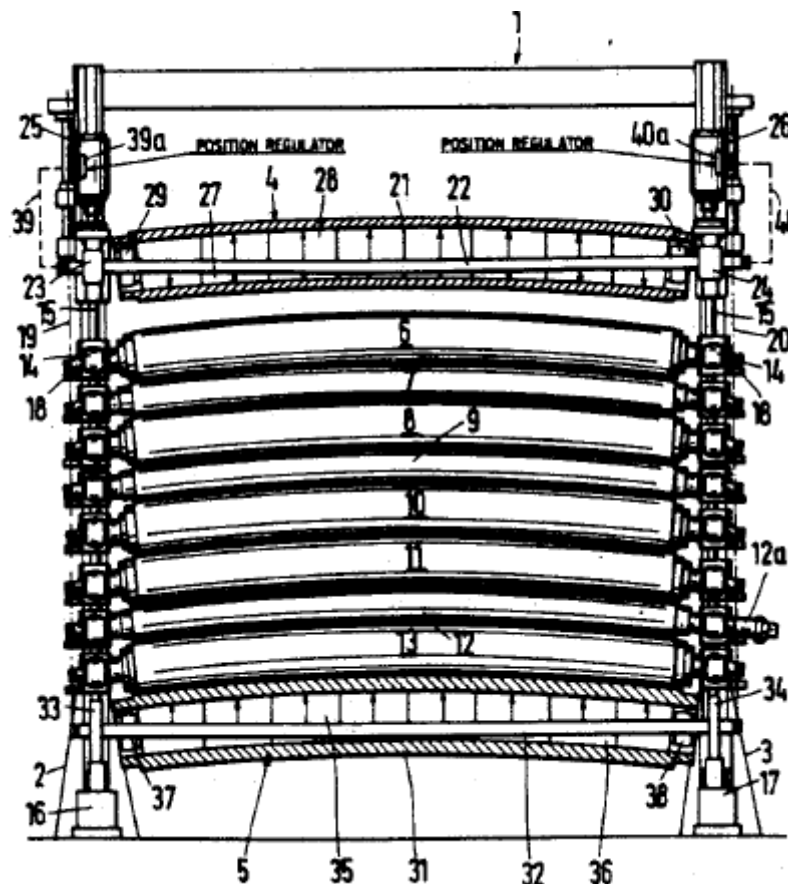


Рис.3.11 Механізм розміщення валків

Каландр, в якому нижній валок і деформований верхній валок, що згинає один або більше проміжних валків, експлуатується таким чином форма верхніх валків призводить до проходження суміші проміжного валка, перед затиском верхнього валка з сусіднім валок звужується. Принаймні верхній вал нагрівається, щоб підвищити сатируючий ефект на сітках без надмірного впливу на питому вагу обробленого матеріалу. Крім того, пропонується піддавати валок попередній деформації для нагрівання нижнього валка або декількох проміжних валків.

587198 Каландр [32]

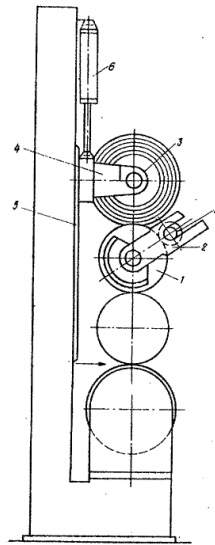


Рис.3.12 Схема каландру з притискною кареткою

Каландр, що містить ряд валів, станину з направляючими, каретки і циліндр намоту з прийомними важелями для тамбурного вала, що відрізняється тим, що, з метою зниження металоємності і підвищення надійності роботи Каландра, циліндр намоту встановлений над верхнім валом ряду валів, а каретки забезпечені притискним пристосуванням і змонтовані в верхній частині станини каландра надциліндром намоту.

US4625637A Збірний валок для використання в каландрах тощо [33]

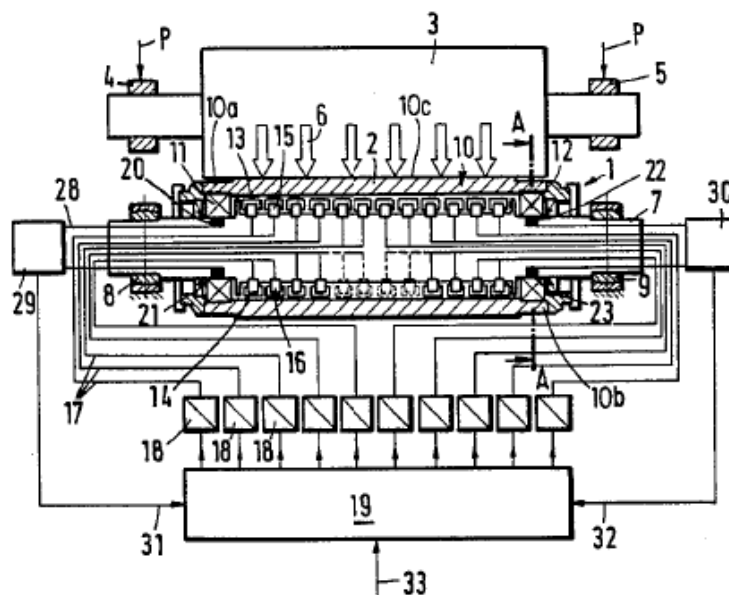


Рис.3.13 Схема регулювання збірного валка

У складі валка каландра є щонайменше один валок з деформованою оболонкою, яку оточує жорсткий носій і кінцеві частини якої оточують дискретні антифрикційні підшипники. Проміжна частина оболонки оточує одну або більше рядів гідростатичних опорних елементів, які можуть працювати за допомогою регульованих двигунів, що працюють на рідині, для зміни форми проміжної частини у площині, включаючи осі одного валка та сусіднього валка як під прямим кутом до такої площини. Напруги, які діють на підшипники, контролюються кількома датчиками, які передають сигнали в систему управління для регулювання деформації оболонки таким чином, щоб напруги на підшипниках були мінімізовані або зведені до нуля. Це дозволяє проміжній частині оболонки пройти деформацію, яка найкраще підходить для оптимальної обробки матеріалу, що проходить через затиск валків між собою.

US4354814A Взаємодія екструдера з екструзійною головкою та каландром

[34]

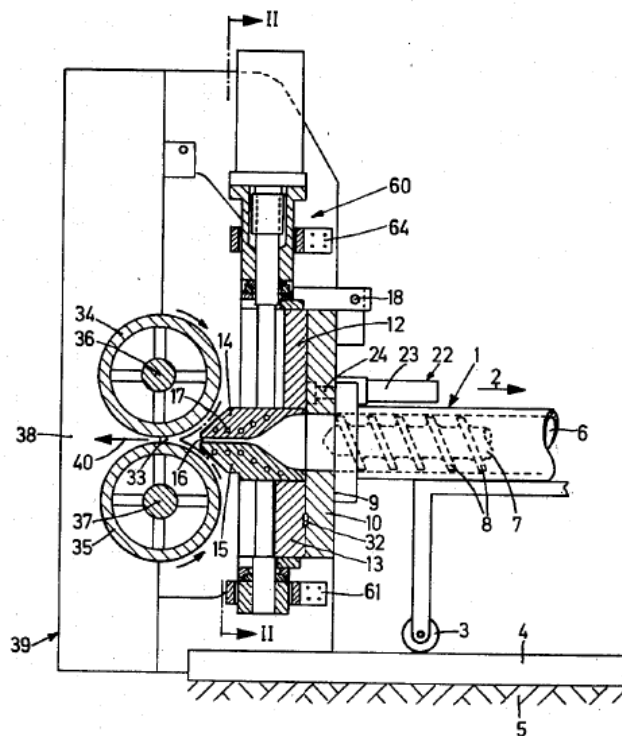


Рис.3.14 Схема роботи каландра з екструдером

У екструдері з широкою екструзійною головкою та відповідним каландром, що виготовляє екструзійний лист 16, має верхню головку екструзії,

частину 12 та нижню частину головки екструзії, частини можна переміщувати одна відносно одної. Встановлено принаймні один затискний пристрій, який звільняє тиск на верхню частину головки екструзії та нижню частину головки екструзії разом, яка встановлюється у відповідній бічній стінці каландру і забезпечена гідравлічним приводом. Для досягнення оптимального затискання верхня і нижня частини екструзійної головки має стрижневий стержень в затискному пристрої, який з однієї сторони лежить на нижній частині екструзійної головки або верхній частині головки за допомогою фіксуючого елемента, гайкою або за допомогою аксіально змінного елемента, наприклад нагнітальну коробку 51, якою можна керувати за допомогою гайкових ключів, затискний пристрій монтується на бічній стінці, щоб бути вільно рухомих.

190552 Каландр для отримання пластмасових виробів [35]

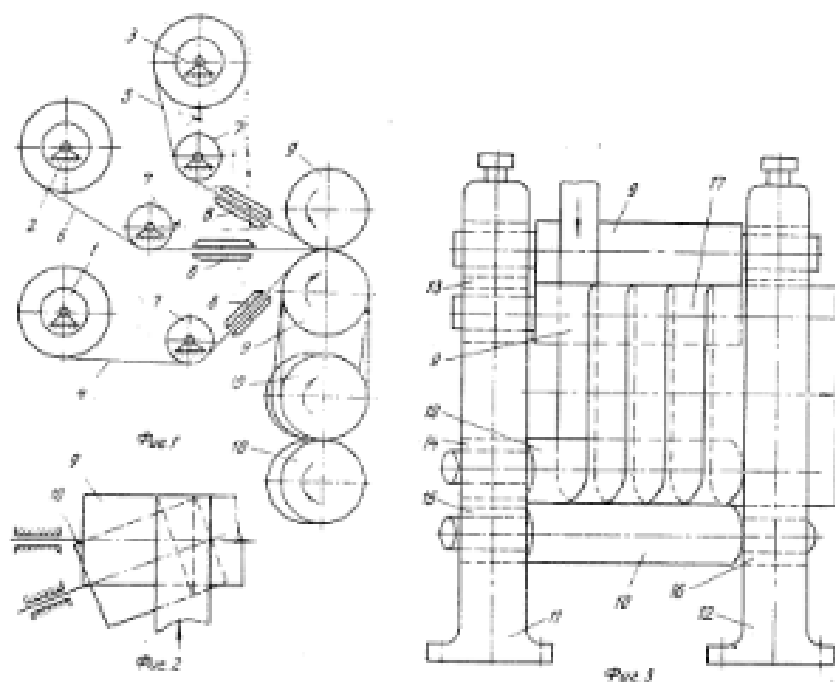


Рис.3.15 Каландр для отримання пластмасових виробів

Каландр для отримання пластмасових виробів, що включає встановлені на станині пари валків, розташовані під кутом один до одного і забезпечені механізмом для його зміни, пристрій для розсування та повороту валків, відмінний тим, що з метою безперервного отримання спіралевидних циліндричних виробів, один з валковий кожної пари закріплений консольно.

US4425489A Електромагнітна система опалення для валків каландру тощо
[36]

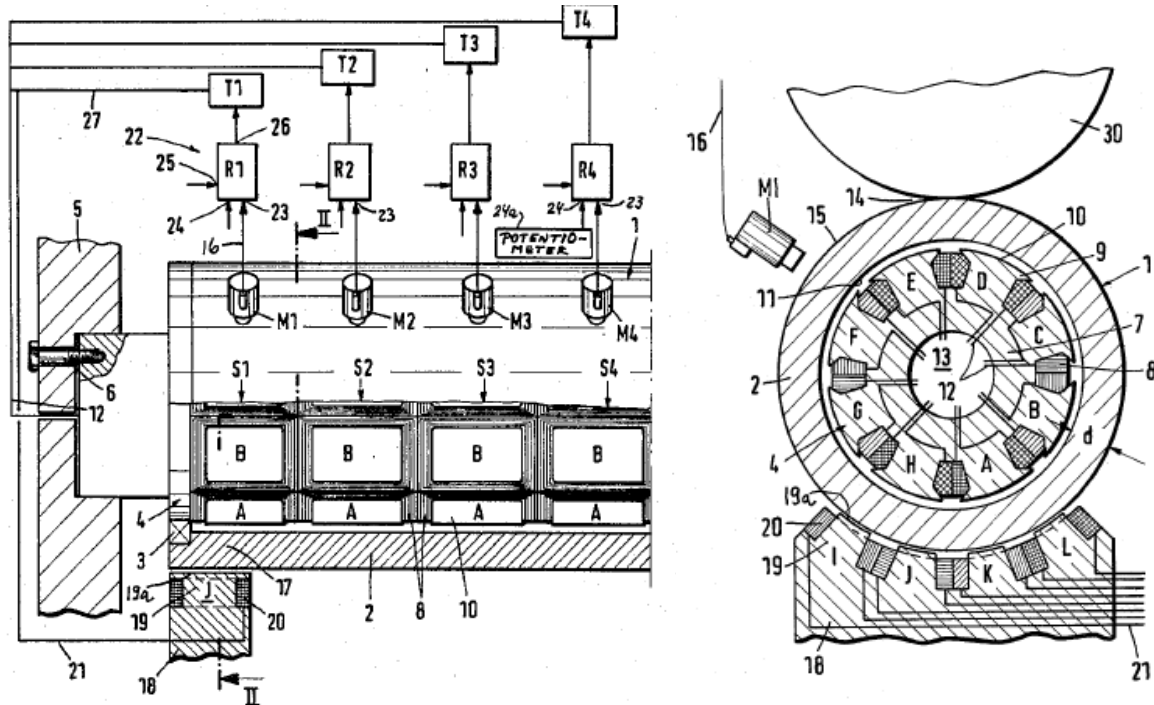


Рис.3.16 Схема розміщення електромагнітів в валку

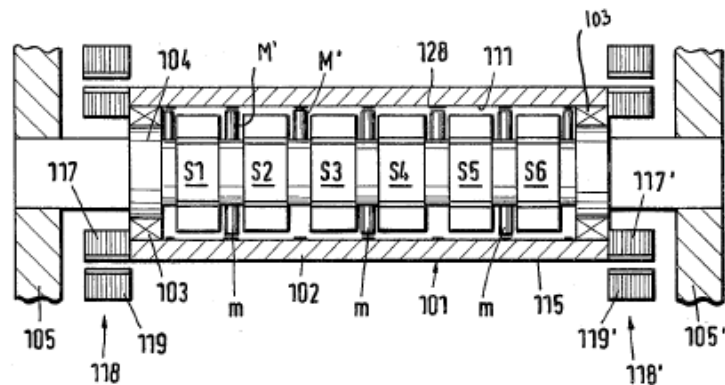


Рис.3.17 Конструкція валка

Валок каландра складаються з феромагнітного матеріалу, підігріваються кількома групами електромагнітів, які встановлюються всередині оболонки на стаціонарному носії і примикають до внутрішньої поверхні корпусу. Температуру зовнішньої поверхні оболонки контролюють у кількох місцях, що розглядається в осьовому напрямку валка, і отримані сигнали порівнюються з опорними сигналами, що показують оптимальні або бажані температури в таких місцях. Сигнали, що вказують на відмінності між фактичними сигналами

температури та бажаними сигналами температури, використовуються для регулювання характеристик електричного струму, який подається на обмотки електромагнітів. Кожен електромагніт кожної групи може регулюватися незалежно від усіх інших електромагнітів. Крім того, два або більше електромагнітів кожної групи або цілі групи електромагнітів можуть регулюватися одночасно. Додаткові електромагніти забезпечуються для нагрівання кінцевих частин оболонки. Як альтернатива, такі кінцеві частини можуть бути нагріті роторами електродвигунів, які обертають корпус. Характеристики струму, що подається на обмотки певних електромагнітів, можуть впливати на сигнали, які позначають величину напружень згину на вибраних ділянках оболонки, так що відповідні електромагніти протидіють деформації сусідніх ділянок оболонки.

**US4903517A Спосіб та апарат для регулювання роботи каландрів та
подібних машин [37]**

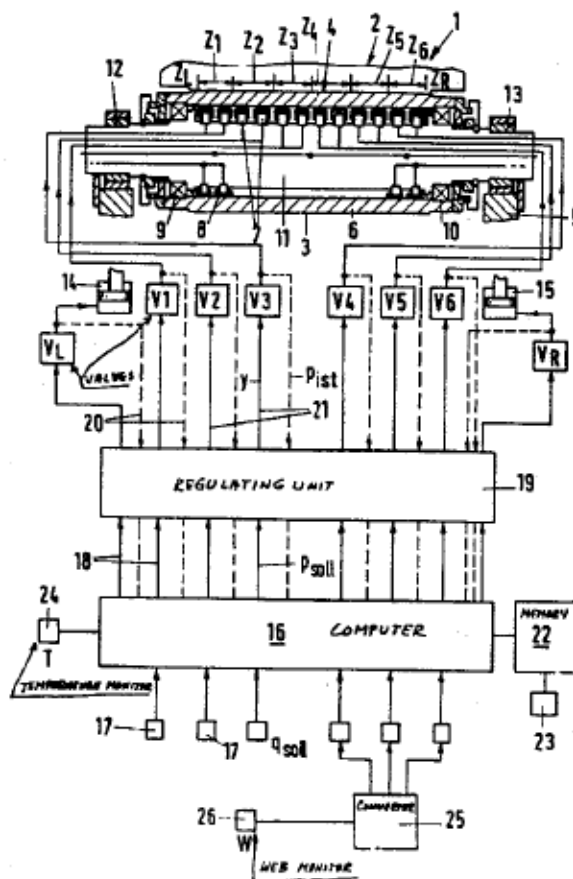


Рис.3.18 Механізм регулювання роботи календарів

Операція каландрування або аналогічної машини з принаймні однією парою валків, які визначають подовжений затиск і в якому, щонайменше, один з валків є так званим валом компенсації згину, регулюється комп'ютером, який передає сигнали на регульовані клапани регулювання тиску в трубопроводах, що служать для того, щоб допустити герметизовану рідину до декількох виконавчих механізмів (таких як гідростатичні несучі елементи, гідравлічний циліндр та поршневі вузли для ролика компенсації згину), які можуть змінювати параметри навантаження (наприклад, навантаження лінії або стиснення штаму) в дискретних зонах затиску Комп'ютер має вхідні дані для сигналів, що вказують на температуру в затискачі, які вказують на характеристики веб, що просуваються через гніздо, та сигнали з пам'яті для матриці реакцій тиску. Тиск рідини регулюється таким чином, що зміни фактичного значення параметра завантаження у вибраній зоні гнізда не тягнуть за собою будь-яких змін або не тягнуть за собою помітних змін в інших зонах гнізда.

5 Модернізована конструкція збірного валка

На рис. 5.1 та 5.2 зображено валок з вмонтованим в нього механізмом компенсації прогину. Валок складається з цапфи 1, трубної бочки 2 в якій розміщені циліндричні канали охолодження 5, труби 3 для підводу води та нагнітання тиску в поршневих трубах 8, канала 4 для подачі охолоджуючої рідини з цапфи 1 в бочку 2, зажимного винта 6, перехідної труби 7, поршня 9, запірної кришки 10, кільця тиску 11 яке в свою чергу складається з внутрішнього кільця 15 та регульовального кільця 14, перехідної трубки охолодження 12 та опори 13.

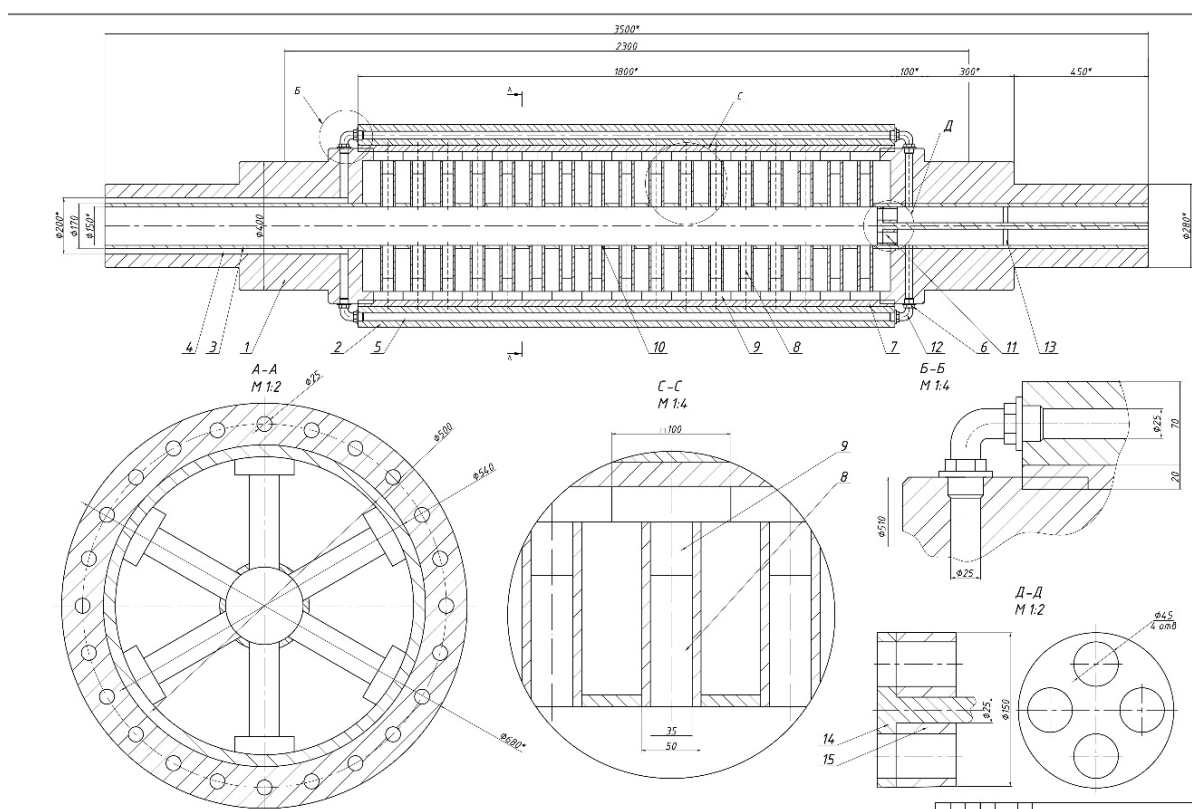


Рис. 5.1 Валок з вмонтованим в нього механізмом компенсації прогину

1 – цапфа, 2 – трубна бочка, 3 – труба підводу води та нагнітання тиску,
4,5 – канали охолодження, 6 – зажимний винт, 7 – перехідна труба,
8 – поршнева труба, 9 – поршень, 10 – запірна кришка, 11 – кільце тиску,
12 – перехідна трубка охолодження, 13 – опора, 14 – регульвальне кільце,
15 – внутрішнє кільце

При дії на валок розподілених навантажень та під власною вагою в валку утворюється прогин, який необхідно компенсувати, щоб запобігти різнотовщинності виробу. На даний момент в світі проблема рівнотовщинності виробів виготовлених на каландрах та валкових машинах не докінця вирішена. Дану проблему можна вирішити за допомогою даного валка. Валок працює наступним чином: при виникненні прогину валка за допомогою кільця тиску 11 в трубі 3 нагнітається тиск вода потрапляє в труби 8 та тисне на поршень 9, який в свою чергу вигинає трубну бочку 2 на ту величину яка необхідна. Рівнотовщинність на всій робочій зоні забезпечується за рахунок достатньої кількості поршнів 9 розміщених по всій довжині валка. За рхунок клапанів 10 регулюється необхідний прогин по довжині.

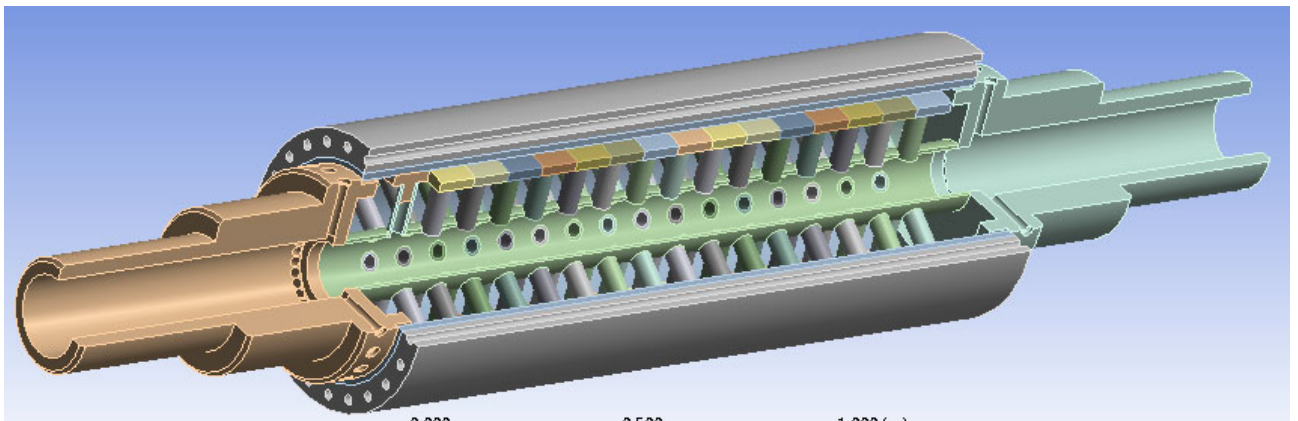


Рис. 5.2 3D модель валка з вмонтованим в нього механізмом компенсації прогину

6 Автоматична система керування

6.1 Загальні відомості

Автоматизація виробничих процесів - один з найважливіших напрямків технічного прогресу всіх галузей народного господарства нашої країни. У цей час засоби автоматики широко використовуються в різних сферах діяльності людини.

Автоматизацією називається галузь науки й техніки, що охоплює теорію й принципи побудови систем керування, а також сукупність технічних засобів для їхньої реалізації. Під автоматизацією мається на увазі комплекс організаційно-технічних заходів, що приводить до зменшення або повного виключення участі людини в здійсненні виробничого процесу.

6.2 Технологія змішування й гомогенізації гуми в каландрі

Процес каландрування звичайно застосовують для виробництва безперервних плівок і листів. Основною частиною апарата (рис. 6.1) для каландрування є комплект гладко відполірованих металевих валків, що обертаються в протилежних напрямках, і пристрій для точного регулювання зазору між ними. Зазор між валками визначає товщину каландрованого листа. Полімерна суміш подається на гарячі валки, а лист, що надходить із цих валків, охолоджується при проходженні через холодні валки. На останньому етапі лист змотуються в рулони, як показано на рис. 6.1. Проте якщо замість листів потрібно одержати тонкі полімерні плівки, застосовують серію валків з поступово зменшуваним зазором між ними. Зазвичай в листи каландрують такі полімери, як полівінілхлорид, поліетилен, каучук і співполімер бутадієну, стиролу й акрилонітрила.

При використанні в каландрах профільованих валків можна одержувати листи методом тиснення з різними малюнками. Різні декоративні ефекти, такі, як імітація під мрамур, можуть бути досягнуті шляхом введення в каландр суміші компаундів різних кольорів.

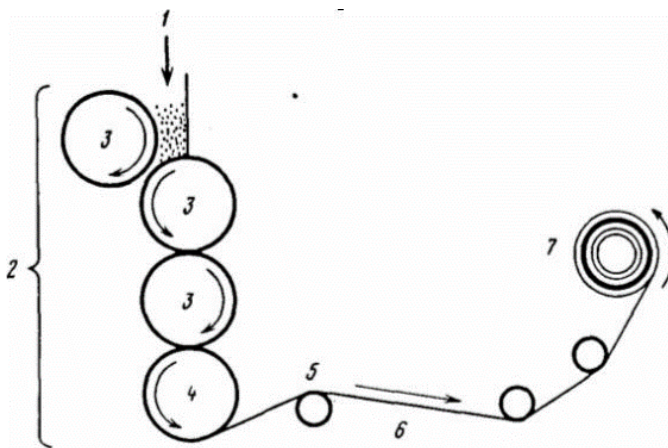


Рис. 7.1. Схема апарата для каландрування

1 - полімерний компаунд; 2 - каландрувальні валки: гарячі (3) і холодний (4); 5 каландрований лист; 6 - напрямні валки; 7 – змотуючий пристрій

У процесі каландрування, полімер плавиться й змішується під впливом температури й тиску, формованого в каландрі. Потім плівка формується під тиском каландрувальних вальців. Спеціальні властивості плівки задаються умовами формування й обробки. Стандартна лінія каландрування включає також таке додаткове встаткування:

1. Пристрій для навантаження й змішування вихідного матеріалу

Інгредієнти, використовувані для виробництва плівок, можуть включати як тверді, так і рідкі сировинні матеріали. Тверді речовини подаються за допомогою механізму із пневматичним приводом з бункера в засипні бункери, зважуються, розподіляються на заправні дози й скидаються у високошвидкісний міксер. Рідкі речовини відміряються в міксер за допомогою поршневих насосів або інших об'ємних дозаторів.

2. Пристрій термообробки/тиснення

Плівка проходить між валиком для тиснення й охолодженим гумовим валиком. Пристрій для тиснення використовується для вдавлювання в плівку

спеціальних елементів. Завдяки використанню валика для тиснення, можна створити різноманітні поверхні плівки для досягнення бажаного ефекту.

6.3 Чотирьох валковий каландр подібний як об'єкт автоматизації

Призначення системи автоматичного регулювання полягає в забезпеченні сталої температури на валках, а також зазору між ними, що веде до забезпечення високої якості отримуваної продукції. Також регулюється рівнотовщинність вихідного листа гумової суміші.

Стрічка гумової суміші, яка безупинно зрізується з вальців спеціальним ножом, по транспортеру надходить у зазор між верхнім і середнім валками каландра. Вихідний з каландра нескінченний лист гумової суміші проходить через охолоджувальні барабани й заочується у валики із прокладочною тканиною.

Основною регульованою величиною є товщина (калібр) одержуваного листа гумової суміші. Вона вимірюється механічними, індукційними, пневматичними, ємнісними або радіоактивними приладами.

У більшості приладів вимірювальний ролик перебуває в постійному контакті з листом гумової суміші й через передавальний механізм забезпечує зміну положення стрілки на шкалі вимірювального приладу (або положення плунжера в індукційній котушці, або заслінки стосовно сопла, або ж однієї обкладки конденсатора стосовно іншої). Безпосереднє зіткнення чутливого елемента з листом гумової суміші приводить до зменшення точності виміру внаслідок деякого продавлювання роликом листа або налипання суміші на цей ролик.

У приладах, принцип дії яких заснований на використанні радіоактивних ізотопів, товщина вимірюється безконтактним методом. Число β -променів, що надходять від джерела випромінювання в прийомну камеру, залежить від товщини листа гумової суміші. У тих випадках, коли необхідно замірити товщину листа безпосередньо на валку каландра, застосовують прилад, що вимірює число променів, які відбилися від гумової суміші й валка й потрапили

в іонізаційну камеру.

Товщину листа регулюють вручну або автоматично шляхом включення двигунів, що переміщують підшипники валків. По ширині листа (у крайніх його точках) встановлюють два каліброміри (регулятора). Іноді для контролю калібру застосовують один калібромір, що рухається в поперек листа поперемінно в обидва боки.

Іншою регульованою величиною є температура поверхні валків. Для безпосереднього її виміру використовують спеціальні поверхневі чутливі елементи (термоелектричні перетворювачі або термоперетворювачі опору). Застосовують також метод непрямого виміру температури поверхні валків – по температурі води, що виходить із валків.

Температура підшипників контролюється й сигналізується приладом з обігаючим пристроєм. Прилад послідовно підключає до своєї вимірювальної схеми чутливі елементи (термоелектричні перетворювачі або термоперетворювачі опору, установлені в підшипниках. У випадку відхилення температури підшипника від припустимої включається дзвінок і загоряється відповідна лампа на мнемосхемі.

У випадку обкладки корду (або промазки тканини гумовою сумішшю) вимірюють і регулюють масу одиниці площі прогумованого корду. Для цього використовують β -променевий прилад. Число часток, що потрапили в прийомну камеру, залежить від маси одиниці площі листа гумової суміші.

5.3 Опис контуру регулювання температурного режиму каландра

В процесі каландрування у виробництві лінолеуму важливою задачею є підтримка на певному рівні температури поверхні валків для запобігання охолодження валків. Однак безпосередній вимір температури поверхні валків каландра є складно реалізованою задачею, оскільки, по-перше, валки безупинно обертаються, а по-друге, поверхня їх цілком покрита матеріалом.

Температура валків періодично контролюється термоелектричним перетворювачем ТХК . Далі сигнал подається на електронний пристрій „Реміконт Р-130” який має функцію індикації та реєстрації . Потім виміряна температура подається на регулюючий пристрій . Виміряна величина зрівнюється з заданою і видає сигнал управління на регулюючий клапан . Таким чином змінюється витрата теплоносія , що подається . В якості теплоносія використовується вода з водогінної мережі. Вода проводиться у валок через барботер, теплоносій надходить у внутрішню порожнину валка, нагріває його і виводиться через інший отвір у барботері.

6.4 Опис системи сигналізації

Система технологічної сигналізації, що знаходиться на каландрі, призначена для оповіщення про порушення нормального ходу технологічного процесу каландрування – перевищення припустимої температури підшипників ковзання, появи попереджуючих сигналів вказує обслуговуючому персоналу на необхідність вживання певних заходів для усунення можливого аварійного режиму.

Технічно система сигналізації реалізується за допомогою регулюючого мікроконтролера.

Робота системи відбувається наступним чином:

Система складається з датчиків температур, що вимірюють температуру кожного підшипника, регулюючого приладу і автоматичного обігаючого пристрою, що забезпечує почергове підключення до регулюючого приладу вимірювальних елементів. Контакт обігаючого пристрою підключений до входу регулюючого приладу паралельно, як і відповідні ланцюги сигналізації до його виходу.

Автоматичний обігаючий пристрій забезпечує почергове підключення всіх датчиків температур шляхом замикання контактів K_1-K_3 . Ланцюги

сигналізації містять технологічні контакти $T_{K1}-T_{K2}$, що замикаються при значенні струму на виході „Реміконт Р-130”, що відповідає граничному значенню температури підшипників (до $\pm 5^{\circ}\text{C}$).

У цьому випадку відбувається замикання відповідного ланцюга сигналізації і по загорянню відповідної лампи оператор може визначити, температура якого з підшипників вище граничної. Ланцюг що відображений світловим сигналом.

6.5 Заказна специфікація засобів автоматизації

Позиція	Найменування параметра	Найменування прибору	Тип, марка прибору	Кількість приборів, шт.	Підприємство-виробник
1	2	3	4	5	6
1-1,2-1, 3-1,4-1	Температура валка(200°C)	Термопара	ТХК-2088	4	Приладобудівний з-д, м.Луцьк
1-2,2-2, 3-2,4-2, 5-2,6-2, 8-2,9-2	Витрати теплоносія	Блок Підсилювачів термопар	БУТ-10	8	„Промприлад” м. Іванофранківськ
1-3,2-3, 3-3,4-3, 8-3,9-3	Регулювання подачі теплоносія	Блок регуляторів	БКС-3	4	м. Іванофранківськ, завод „Мікрол”
1-4,2-4, 3-4,4-4, 8-4,9-4	Регулювання подачі теплоносія	Виконавчий електричний механізм	МЕО10/25-0,25-82	1	ВО«ЕЛЕКТРОПРИЛАД» М.ЧЕБОКСАР
1-5,2-5, 3-5,4-5	Температура валка(200°C)	Проміжний перетворювач	У-300	4	З-д МЗТА
1-6,2-6, 3-6,4-6, 8-5,9-6	Регулюючий клапан	Магнітний пускач	ПМЕ-122	4	„Тизприлад” м. Москва
1-7,2-7, 3-7,4-7, 8-7	Перекриває пуск гарячої води	Кнопка керування	КЕА-4244	4	СТАЛ КИРОВОГРАДСКА ОБЛ.
5-1,6-1	Температура підшипника(70°C)	Термопара	ТХК-2088	2	Приладобудівний з-д, м.Луцьк

7-1	Витрати теплоносія	Діафрагма камерна	ДК6-50	1	МЕТРАН, ЧЕЛЯБІНСК
7-2	Витрати теплоносія	Дифманометр	САФІР-22ДД	1	ЗАТ МАНОМЕТР ХАРКІВ

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

7.1. Характеристика проектного об'єкта і місця його впровадження

Згідно закону про охорону праці України на нові машини, механізми, обладнання необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, необхідно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

Технічне завдання дипломного проектування передбачає розрахунок і проектування каландра для переробки пластмас, для підприємств хімічної промисловості. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Каландр для переробки пластмас використовується для виготовлення лінолеуму з різних композицій полімерних матеріалів з інгредієнтами і рівномірного розподілення останніх в його масі, не порушуючи пропорцій, приписаних технологією.

Цех має свою замкнуту систему каналізації, при якій стік очищається в локальних очисних пристроях (з утилізацією забруднюючих речовин) і у водойму не скидаються, а повертається в систему підприємства і цеху.

Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснюють два оператори. Пульти операторів знаходяться у виробничому приміщенні.

Площа приміщення:

$$S_n = 80 \cdot 35 = 2800 \text{ м}^2 \quad (7.1)$$

7.2. Характеристика можливих небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

При гранулюванні гумових сумішей та пластифікованих каучуків на організм обслуговуючого персоналу можливий вплив різних шкідливих і небезпечних виробничих факторів, відповідно до ГОСТ 12.0.003-78, таких як:

- підвищена запиленість і загазованість повітря в робочій зоні – залишкові мономіри каучуку, оксид вуглецю й ін. продукти термодеструкції окремих речовин;

- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі: 380/220 В., що може привести до місцевих і загальних поразок організму людини (поразка шкірного покриву й ін., електроудари);

- недостатня освітленість робочої зони збільшує стомлюваність, робітник погано орієнтується у виробничій обстановці, що може привести до утворення небезпечних ситуацій;

- промисловий внутрішньоцеховий транспорт може привести до шляхово-транспортних травм різного ступеня важкості;

- підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці утворюють значне навантаження на нервову і серцево-судинну системи людини, органи слуху, травлення й ін.;

- частини обладнання, які рухаються, (черв'як, редуктор і ін.) – може відбутися затягування верхнього одягу, рук і приводити до важких механічних травм;

- підвищена температура поверхонь устаткування (до +75°C , яка може привести до опіків підвищеному нагріванню повітря в приміщенні, конденсації водяної пари в повітрі і на стінках приміщення);

– підвищена температура повітря в робочій зоні (34-38°C) приводить до розладу нормальної терморегуляції організму і, як наслідок: теплове виснаження, судороги і ін.

При роботі установки відбувається переробка гуми та каучуків. При цьому виділяються шкідливі речовини, що по ступені впливу на організм людини відносяться до 2-4 класу небезпеки .

7.3 Промислове освітлення

Для нормальної роботи обслуговуючого персоналу відповідно до норм ДБН В 2.5.28-2006 передбачається сумісне освітлення, тобто коли природне освітлення доповнюється штучним, для освітлення приміщення в години, коли природне освітлення відсутнє, або його недостатнє. Природне освітлення передбачається бічне, через світлові прорізи в зовнішніх стінах.

Штучне освітлення передбачене загальне, рівномірне, робоче й аварійне .

Робоче освітлення передбачене для загального освітлення площі цеху.

Аварійне освітлення передбачене для забезпечення мінімальної освітленості у виробничому приміщенні на випадок раптового відключення робочого освітлення й зв'язане з цим порушення нормального обслуговування устаткування й механізмів, що може викликати тривале порушення технологічного процесу й ін .

Освітленість робочої зони установки, створювана світильниками загального і місцевого освітлення повинна відповідати ДБН В 2.5.28-2006. При V розряді зорових робіт вибираємо світильник ДРЛ-250, потужністю 125 Вт, $F=9500$ лм. Встановлюємо в приміщенні 105 світильників, що дасть $E_{ef} = 200$ лк.

Мінімальна нормативна освітленість для даного розряду роботи $E_{min} = 150$ лк. Оскільки $E_{ef} > E_{min}$, приміщення відповідає нормам ДБН В 2.5.28-2006.

7.4 Характеристики вентиляційної системи

Відповідно до ДБН Д.2.2-20-99 у приміщенні передбачена природна і механічна вентиляція. Природний рух повітря в приміщенні відбувається внаслідок різниці його щільності поза і усередині приміщення (тепловий тиск), а також під дією вітру. Вентиляція відбувається через вентиляційні прорізи, й фрамуги приміщення.

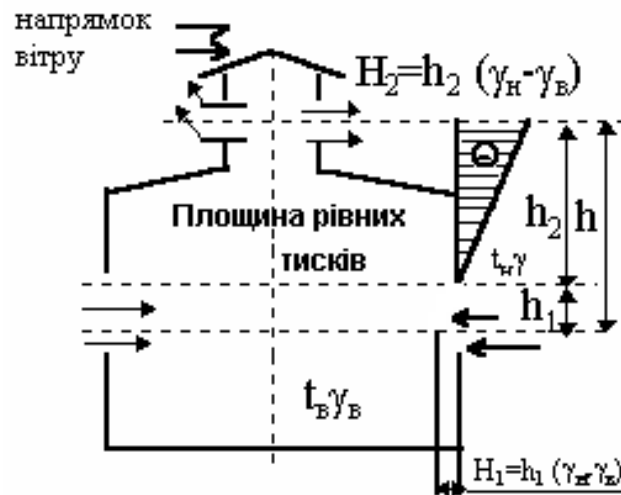


Рис. 7.1. Розподіл тиску в приміщенні

Вітровий тиск, який утвориться з підвітряної сторони приміщення і розрядження, яке утвориться з надвітряної сторони будинку розраховується по формулі:

$$H_1 = a \cdot \frac{V^2 \cdot \gamma}{2 \cdot q} \text{ Н/м}^2, \quad (7.2)$$

де a – аеродинамічний коефіцієнт, який залежить від конструкції будинку (він складає 0,7..0,65 на навітряній стороні будинку і 0,3..0,45 на задвітряній стороні);

V – швидкість руху вітру, приймаємо $V=5$ м/с;

γ – питома вага повітря, $\gamma=1,39$ Н/м³;

q – прискорення вільного падіння, $q=9,81$ Н/с²

Тоді:

$$H_1 = 0,7 \cdot \frac{5^2 \cdot 1,39}{2 \cdot 9,81} = 1,24 \text{ Н/м}^2$$

$$H_2 = 0,45 \cdot \frac{5^2 \cdot 1,39}{2 \cdot 9,81} = 0,79 \text{ Н/м}^2$$

Параметри зовнішнього повітря $t_n=23^\circ\text{C}$, $d_n=10 \text{ г/кг}$, $\rho_n=1,16 \text{ кг/м}^3$

Надлишок явної теплоти $Q_{зб}=265 \text{ кВт}$, висота цеху $H=10 \text{ м}$.

Температура повітря в робочій зоні:

$$t_{p.з.} = t_n + \Delta t_p = 23 + 5 = 28^\circ \quad (7.3)$$

Δt_p – робоча різниця температур, $^\circ\text{C}$; $\Delta t_p=5^\circ\text{C}$;

Кількість подаваного повітря для забезпечення заданої температури в робочій зоні:

$$G = \frac{m \cdot Q_{зб}}{C \cdot \Delta t_p}, \quad (7.4)$$

де m – коефіцієнт виділення теплоти в робочу зону, $m=0,4$;

C – температурний градієнт, $C=1,0$.

$$G = \frac{0,4 \cdot 255}{1,0 \cdot 5} = 21,2 \text{ кг/с}$$

Температура повітря яке виходить:

$$t_{вих} = t_n + \frac{Q_{зб}}{C \cdot G}, \quad (7.5)$$

$$t_{вих} = 23 + \frac{265}{1 \cdot 21,2} = 35,32^\circ\text{C}$$

Приймаємо умову, що нейтральна площина поділяє приміщення на рівні частини, тобто $h_1=h_2=5 \text{ м}$

Середня температура по висоті приміщення:

$$t_a = 0,5 \cdot (t_{p.з.} + t_{вих}), \quad (7.6)$$

$$t_a = 0,5 \cdot (28 + 35,32) = 31,7^\circ \text{C}$$

Щільність повітря при $d_a=10$ г/кг і $t=35,32^\circ\text{C}$ $\rho_a=1,13$ кг/м³

Швидкість повітря в нижніх приточних прорізах:

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot h_1 \cdot (\rho_n - \rho_a) \cdot q}{\rho_a}}, \quad (7.7)$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot (1,16 - 1,13) \cdot 9,81}{1,16}} = 1,59 \text{ м/с}$$

Швидкість повітря в аераційному ліхтарі:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot h_2 \cdot (\rho_n - \rho_a) \cdot q}{\rho_a}}, \quad (7.8)$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot (1,16 - 1,13) \cdot 9,81}{1,13}} = 1,61 \text{ м/с}$$

Площа прорізів знаходиться по формулі:

$$F = \frac{G}{\mu \cdot V \cdot \rho}, \quad (7.9)$$

де μ – коефіцієнт витрати, який залежить від конструкції затворок переплету в проїмі і кута відкриття затворки (для затворки переплету, відкритої на 30° в середньому можна прийняти $\mu=0,32$);

Звідси площа нижніх прорізів:

$$F_1 = \frac{21,2}{0,417 \cdot 1,59 \cdot 1,16} = 27,56 \text{ м}^2$$

Площа верхніх прорізів:

$$F_2 = \frac{21,2}{0,417 \cdot 1,61 \cdot 1,13} = 27,94 \text{ м}^2$$

Обсяг повітря, яке проходить через прорізи:

$$L_1 = \mu \cdot F_1 \cdot \gamma \cdot 3600 \quad (7.10)$$

$$L_2 = \mu \cdot F_2 \cdot \gamma \cdot 3600 \quad (7.11)$$

$$L_1 = 0,417 \cdot 27,56 \cdot 1,39 \cdot 3600 = 57508,57 \text{ м}^3/\text{Год}$$

$$L_2 = 0,417 \cdot 27,94 \cdot 1,39 \cdot 3600 = 58301,50 \text{ м}^3/\text{Год}$$

Облік кількості та вміст викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище є необхідною умовою боротьби за збереження її чистоти, боротьби за здоров'я людини.

7.5 Електробезпека

Для запобігання випадків поразки електричним струмом персоналу, проектом передбачене контурне захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання з землею металевих частин електроустаткування (корпусів, станин і т.п.) які у нормальних умовах; не знаходяться під напругою, але які можуть виявитися під напругою внаслідок порушення ізоляції електроустановки, різних несправностей й ін.

Для штучного заземлення проектом передбачено застосування вертикальних електродів. Вертикальні електроди являють собою сталеві труби діаметром 40 мм і довжиною 2,5 м.

Для зв'язку вертикальних електродів застосовується сталь прямокутного перетину 3×40 мм.

Заземлювач розташовується в ґрунті по контуру (рис. 7.2)

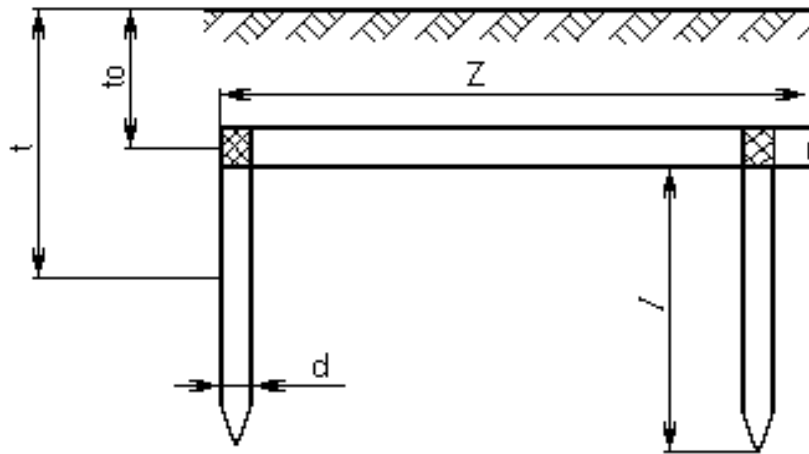


Рис. 7.2 Схема розташування заземлювачів

Опір розтіканню струму одного трубного електрода визначається за формулою:

$$R_{cmp} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \right), \quad (7.12)$$

де l – довжина електрода, м;

d – діаметр електрода, м;

ρ – питомий опір ґрунту;

t – глибина розташування середини електрода від поверхні ґрунту, м:

$$t = t_0 + \frac{l}{2}, \quad (7.13)$$

де t_0 – відстань від верхньої точки заземлювача до поверхні ґрунту, м.

Приймаємо $t_0 = 0,9$ м; $l = 2,5$ м; $d = 0,04$ м; $\rho = 300$ Ом·м

Тоді:

$$t = 0,9 + \frac{2,5}{2} = 2,15 \text{ м}$$

$$R_{cmp} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,04} + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 2,15 + 2,5}{4 \cdot 2,15 - 2,5} \right) \right) = 97,82 \text{ Ом}$$

Отримане $R_{cmp} > R_{дон}$, тому потрібно декілька заземлювачів, попередньо:

$$n' = \frac{R_{cmp}}{R_{доп}}, \quad (7.14)$$

де $R_{доп}$ – допустимий опір. При напрузі в мережі <1000 В, $R_{доп}=4$ Ом;
ДНАОП 1.1.10 – 1.01– 97.

Тоді:

$$n' = \frac{97,82}{4} = 24,45 \text{ шт.}$$

приймаємо $n'=25$ шт.

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування:

$$n = \frac{n'}{\eta_o}, \quad (7.15)$$

де η_o – коефіцієнт використання трубних заземлювачів, який враховує взаємне екранування, $\eta_o=0,6975$

$$n = \frac{25}{0,6975} = 35,84 \text{ шт.}$$

приймаємо $n=36$ шт.

Опір розтіканню струму з'єднуючої смуги визначаємо по формулі:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot z} \cdot \frac{2 \cdot z^2}{b \cdot t_o}, \quad (7.16)$$

де b – ширина смуги приймаємо $b=0.04$ м;

z – довжина смуги, яка з'єднує вертикальні стрижневі електроди, м;

$$z = a \cdot n \cdot l, \quad (7.17)$$

a – відношення відстані між заземлювачами до довжини заземлювача, приймаємо $a=3$;

$$z = 3 \cdot 36 \cdot 2,5 = 270 \text{ м};$$

$$R_n = \frac{300}{2 \cdot \pi \cdot 270} \cdot \ln \frac{2 \cdot 270^2}{0.04 \cdot 0.9} = 2.69 \text{ Ом};$$

Опір групового заземлювача, який складається з вертикальних заземлювачів і з'єднуючої їх смуги, визначається по формулі:

$$R_{ep} = \frac{R_{cnp} \cdot R_n}{R_{cnp} \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_o \cdot n}, \quad (7.18)$$

де η_n – коефіцієнт використання горизонтальної смуги, яка з'єднує вертикальні заземлювачі, $\eta_n=0,402$

Тоді:

$$R_{ep} = \frac{97,82 \cdot 2,69}{97,82 \cdot 0,402 + 2,69 \cdot 0,6975 \cdot 36} = 2,46 \text{ Ом}$$

Порівнюючи отримане і припустиме значення (за ГОСТ 12.1.030-87), бачимо що $R_{гр} < R_{доп}$, отже, дане заземлення, задовольняє вимогам електробезпеки.

Крім заземлення, огорожень і блокувань також передбачене застосування: попереджувальної сигналізації електрозахисних засобів, знаків безпеки, допоміжних захисних засобів.

7.6 Характеристика виробництва по пожеже- і вибухонебезпечності

Цех для виготовлення лінолеуму – виробництво насичене електродвигунами, різного виду електроосвітлювальними приладами, пускорегулюючою апаратурою і т.д. Усе це обладнання джерелом запалення навколо їх пожежі- і вибухонебезпечного середовища, тому що вони можуть нагріватися чи іскрити. У зв'язку з цими обставинами до конструкції електроустаткування, правилам його експлуатації, нагляду і ремонту висуваються підвищені вимоги.

У цеху використовуються пально-мастильні матеріали: компресорні мастила, каучук та гумові суміші, солідол. Температура загоряння та самозаймання відповідно: компресорного мастила 275°C-260°C, солідолу 590°C-530°C.

По "Правилах устрою електроустановок" лінія призначена для експлуатації в пожежезабезпечених зонах класу П-Па. Категорія виробництва "В" по НАПБ Б. 07.005-86.

Пожежезабезпеченість технологічних процесів у значній мірі визначається фізико-хімічними властивостями сировини, проміжних і кінцевих продуктів, які беруть участь у виробництві.

У цеху пожежа може відбутися від електричної іскри, при короткому замиканні, при підвищенні температури речовини до температури спалаху, запалення від розряду статичної електрики і грозових розрядів, самозаймання обтирального матеріалу й ін.

7.7 Боротьба з надзвичайними ситуаціями на виробництві.

Надзвичайна ситуація може виникнути при використанні та зберіганні легкозаймистих речовин поблизу лінії виробництва. План-схема евакуації внаслідок надзвичайної ситуації наведена на Рис. 8.3. В цеху знаходяться 2 балони зі стисненим ацетиленом на випадок проведення зварювальних робіт.

Балони призначені для зберігання газів і є небезпечними незалежно від того чи газ є горючим чи ні. Ймовірними причинами вибуху балона можуть стати: падіння балону, неправильне заправлення чи перенесення, контакт газу з маслом, накопичення іржі (виявляють промиванням дихлоританом). Коли з балону випускають газ, то залишають $P=0,5\text{МПа}$ для того аби можна було взяти пробу для аналізу газу.

Серед причин, що можуть призвести до загорання, відзначимо найімовірніші:

- несправність електроживлення;
- струми короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;
- використання відкритого вогню в неналежному місці;
- застосування легкозаймистих речовин, їхнє зберігання поблизу установки.

Запобігання заpalенням забезпечується такими заходами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- догляд за територією відповідно до вимог пожежної безпеки;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- palіння у спеціальних місцях;
- своєчасне проведення інструкцій серед обслуговуючого персоналу;
- організація наочної агітації з техніки безпеки;
- вчасна перевірка устаткування, особливо електричного;
- дотримання вимоги на засоби пожежогасіння;
- наявність пожежної сигналізації (датчик КІ-1, приймальна станція РУОП-1).

Для гасіння невеликих вогнищ, заpalень застосовують порошкові вогнегасники з речовинами ОПС-10 і ОППС-100. У цеху на відстані 30 м один від одного встановлені пожежні гідранти з рукавами по 10 м. Також у виробничому приміщенні встановлені стаціонарні установки пожежогасіння САМ-9 (порошок вогнегасний ДСТУ 3105), які при підвищенні температури до 72 °С відкривають спринклери. Захисна площа становить не менше 12 м².

Відстані до пожежних евакових виходів – 35 м, кількість виходів – 3. Ширина прорізу для дверей евакових виходів – 2,5 м згідно з СНиП 2.09.02-85.

Із засобів індивідуального захисту на підприємстві знаходиться протитеплова куртка ТК-50. План-схема евакуації зображена на рисунку 5.3.

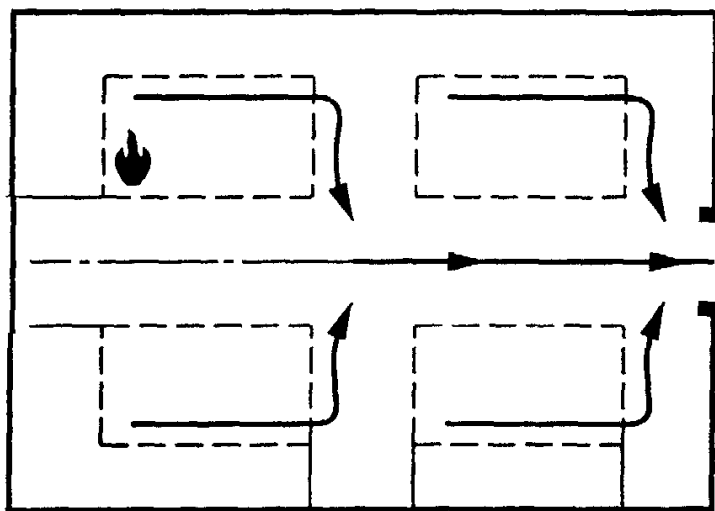


Рисунок 7.3 – План-схема евакуації

7.8 Висновки

Застосування засобів, заходів для усунення небезпечних шкідливостей на виробничому місці є невід’ємною частиною охорони праці. Тому належне виконання цих заходів та відповідальне ставлення операторів та керівництва дозволяє знизити можливість небезпек та травм на виробництві.

8 Маркетинг Start-up проект

8.1 Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

Головною ідеєю являється виготовлення високоякісної продукції, а саме реліну чи лінолеума. Висока якість забезпечується за рахунок того що механізм компенсації прогину валка вмонтовується в сам валок і дає змогу регулювати рівнотовщинність по всій ширині полотна.

Головною цільовою аудиторією являються: будівельні компанії, фармакологічні клініки, спортивні заклади та підприємства.

Таблиця 8.1

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовлення високоякісного реліну / лінолеуму по всій ширині полотна	Спортивні секції	Вища якість виготовленої продукції
	Тренажерні зали	
	Доріжки для бігу	
	Покриття для сходів	
	Покриття для даху	
	Суспільне призначення	
	Технічне призначення	
	Медичне призначення	

Головною відмінністю виготовлення даної продукції є забезпечення рівнотовщинності полотна по всій його довжині та ширині. Дана перевага забезпечується завдяки впровадження нової технології за рахунок якої збільшується якість продукції.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В даному розділі було проведено технологічний аудит в результаті якого було визначено можливість реалізації даного проекту.

Технологічна здійсненність ідеї проекту занесено до таблиці 8.2.

Таблиця 8.2

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Виготовлення покриття для підлоги	Виготовлення на каландрових агрегатах (полотна великих розмірів)	Технологія присутня на ринку але потребує доробки	Згідно проведеним розрахункам технологія має перспективи розвитку та є доступною
2	Виготовлення покриття для даху	Виготовлення на автоклавпресах агрегатах (невеликі за розмірами продукція)	Технологія присутня на ринку	Технологія доступна
Для реалізації даного проекту було обрано технологію №1				

Із таблиці 2 робимо висновок, що розвиток проекту має перспективи за рахунок удосконалення технології виробництва продукції, яка забезпечить вищу якість продукції.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартаппроекту

Аналіз присвячений продукції маркетингового середовища яку можна охарактеризувати як промислове виробництво.

Товар, якому присвячено аналіз маркетингового середовища можна описати як:

- Розглядаються три рівні товару, його особливості. Товар за задумом: варіативність конструкцій та матеріалів. Товар у реальному виконанні: заздалегіть виготовлена продукція. Товар з підсиленням: фото продукції з розміщенням її на біг-бордах та рекламою його в мережі Інтернет.

- Ринкова історія товару: з популяризацією і розвитком нових технологій і дизайнерських ідей. Велику популярність почали набирати товари, які більш відрізняються один від одного.

- Визначення етапу життєвого циклу товару: стадія зрілості (виходячи з практичного завдання 2).

Узагальнено розглядається динаміка розвитку галузі:

- Основні оператори ринку: 1) Tarkett; 2) Juteks; 3) Armstrong 4) Grabo
- Економічні та соціальні тенденції ринку: Ринок можна описати як стабільний та такий, що потребує вливання нових сил та ідей.

- Характеристики ринку: ринок даної продукції в Україні є великим та має тенденцію до подальшого збільшення, а більшість його споживачів розміщені в великих містах України або за кордоном. Конкуренція на цьому ринку велика, але використання нових ідей суттєво її зменшує.

Організацію системи менеджменту можна побачити на рис. 8.1

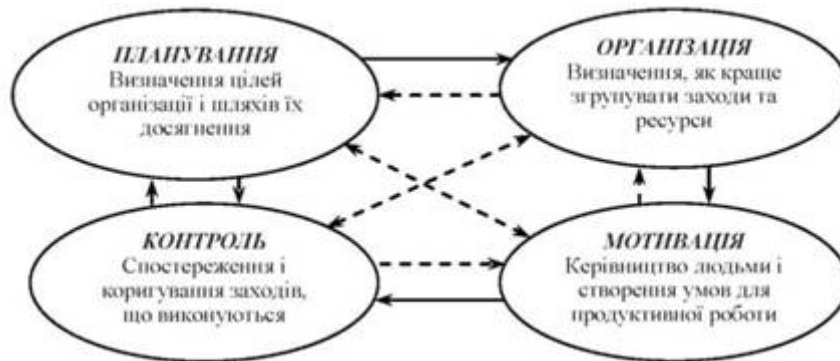


Рис.8.1 Система менеджменту

Ресурси які необхідні:

Фінансові – держ. кредит, вкладення інвесторів.

Виробничі та складські потужності – придбання лінії виробництва.

Технології – удосконалення існуючих.

Інформаційні – використання послуг рекламних агентств.

Трудові – постійні професійні працівники (75%) та наймані (25%).

Інтелектуальні – людські ресурси.

Правові – всі продукти і розробки охороняються законами про авторське право.

Проаналізувавши ринок виробництва лінолеуму в Україні за останні роки рис. 8.2 та рис. 8.3, можемо зробити висновок що дана продукція має великий попит.

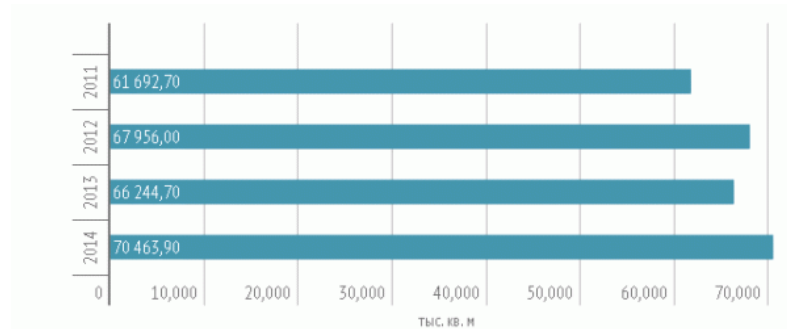


Рис. 8.2 Виробництво лінолеуму в Україні

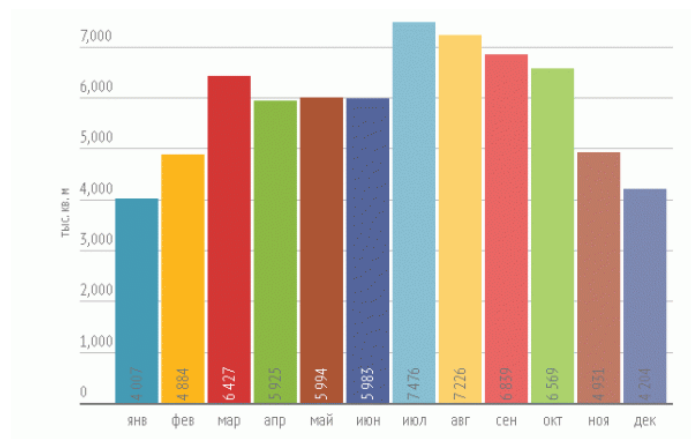


Рис. 8.3 Виробництво лінолеуму в Україні на 2016 рік

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту наведено в таблиці 8.3

Таблиця 8.3

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Безпека	Промислові виробництва, фармацевтичні компанії, спортивні заклади, будівні компанії	Ціна Якість Різноманіття в виборі продукції	До продукції: Співвідношення ціна/якість До компанії Швидкість, якість виробництва та доставки

Визначаємо основні фактори можливостей та загроз:

1. внутрішнього маркетингового середовища підприємства
2. фактор політико-правового середовища
3. фактор економічного середовища
4. фактор науково-технічного середовища
5. фактор природного середовища
6. вплив споживачів
7. вплив постачальників
8. вплив конкурентів

Фактори внутрішнього маркетингового середовища підприємства занесено в таблицю 8.4

Таблиця 8.4

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/можливості
	Можливості	Загрози	
Цільовий ринок	Високі ціни на кінцевий продукт	Потребує великих вкладів для входу на ринок	Збільшення кількості клієнтів за рахунок зменшення цін порівняно з конкурентами.
Територіальне базування компанії	—	Потребує велике приміщення	Відсутня можливість перенести офіс компанії будь-коли і будь-куди
Професійно-кваліфікаційний склад працівників	Не має потреби в великій кількості висококваліфікованих працівників	Високо-кваліфіковані кадри потрібні і мають бути добре забезпечені	За рахунок загальної економії на кваліфікації більшості співпрацівників забезпечити високі з/п кваліфікованим кадрам
Характер устаткування	Виробництво більш якісної продукції	Вихід із ладу агрегату	Великі початкові затрати.

Фактори політико-правового середовища занесено в таблицю 8.5

Таблиця 8.5

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Антимонопольні закони	Неможливість захоплення всього ринку однією компанією	Неможливість захоплення моєю компанією цілого ринку	Завжди наявне місце на ринку для розвитку нових представників, можливість зміни роботи ринку за рахунок нових технологій.
Міжнародні відносини з іншими країнами	Україна перебуває в гарних відносинах з більшістю країн	Ринки деяких країн закриті для збуту	Переміщення офісу в інші країни, зацікавленість інвесторів з інших країн.
Допомога держави.	Нові споживачі	-	Збільшення кількості кінцевих споживачів продукції
Закон України про рекламу	використання реклами для додаткового доходу	-	Шляхом рішення може бути пошук недосконалостей і подальше їх використання.
Податки на капітал з закордону	-	Може відштовхнути інвесторів з інших країн	Рішенням може бути перекладання частини податків на себе.
Податкова система	Покращення матеріального	Грошові втрати	Пошук альтернативних доходів. Можливе

	стану країни		перенесення в іншу країну.
--	--------------	--	----------------------------

Фактори економічного середовища занесено в таблицю 8.6

Таблиця 8.6

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Висока середня ціна, встановлена на ринку	Збільшує прибуток для компанії та дає змогу оперувати цінами.	Низька ціна може відштовхнути клієнта.	Можливість збільшувати ціну без значного збитку з боку клієнтів. Гарна реклама для приваблення клієнтів.
Платеспроможна цільова аудиторія	Велика кількість можливого прибутку від замовників	Фінансова неспроможність населення	Замовник готовий платити великі суми.
Висока конкуренція	Після зайняття свого місця в індустрії, впевненість в своїх силах.	Велика кількість конкурентів	Потрібно сконцентруватися на рекламі. Залежність від великих компаній
Високий вхідний капітал	Отримання держ. кредиту	Необхідність в великій кількості інвесторів	високий вхідний капітал
Термін окуплення	-	-	В залежності від кількості замовлень

Фактори науково-технічного середовища занесено в таблицю 8.7

Таблиця 8.7

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Використання революційних ідей.	Новітні технології, менш затратні та більш продуктивні.	Постійне оновлення та покращення технологічного комплексу	Використання заощаджених коштів для оновлення.
Дорога автоматизація агрегату	Вища якість продукції	Висока ціна для купівлі готової системи	Аналіз ринку розробка нових конструкцій.
Постійний розвиток технологій.	Покращення роботи з її оновленням	Додаткові витрати для оновлення технологій	Може покращити якість

Фактори природного середовища занесено в таблицю 8.8

Таблиця 8.8

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Природні катаклізми.	Залежить від природних проблем	Вихід із ладу електромережі	Необхідність встановлення додаткових генераторів
Зміна клімату	-	Затрати на комунальні послуги.	Покращення технологій виготовлення виробів
Забруднення навколишнього середовища	Попит на матеріал відповідного характеру	Встановлення додаткових очисних фільтрів	Інвестування в розвиток «чистих» технологій.

Фактори впливу споживачів занесено в таблицю 8.9

Таблиця 8.9

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Зацікавленість споживачів в продукті.	Збільшення доходу	Велика кількість конкурентів	Зацікавленість як замовників так і споживачів кінцевого продукту веде до збільшення діапазону цін.
Великий попит на товар	Завжди є замовники	Конкуренція	Покращення реклами.
Безпосередній контакт з споживачем	Корегування якості продукту	Відмова від виробу	Пряме покращення продукції з огляду на споживача.

Фактори впливу постачальників занесено в таблицю 8.10

Таблиця 8.10

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Постачальник матеріалу	Збільшення випуску готової продукції	Втрати по виготовленню продукції	Заручитися підтримкою декількох постачальників
Електроцентрально	Альтернативні джерела енергії	Відмова роботи всієї мережі	Зменшення загальної кількості використовуваної енергії.

Фактори впливу конкурентів занесено в таблицю 8.11

Таблиця 8.11

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Велика конкуренція на ринку	Підвищення ціни на продукт	Витіснення з ринку. Втрата клієнтів.	Покращення продукту, збільшення частки реклами.
Висока якість	Перевага для замовника, порівняно з іншими конкурентами	-	Зменшення ціни за рахунок використання нових технологій.
Більший час на ринку	Аналіз ринку для уникнення помилок конкурентів	Повільний розвиток	Закріплення на ринку у ролі лідерів

Особливості конкурентного середовища:

1. Тип конкуренції – олігополія
2. За рівнем конкурентної боротьби – національна
3. За галузевою ознакою – внутрішньогалузева
4. Конкуренція за видам товарів – товарно-родова
товарно-видова
між бажаннями
5. За характером конкурентних переваг – нецінова
6. За інтенсивністю – не марочна

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером наведено в таблиці 8.12

Таблиця 8.12

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари замітники
	Tarkett; <u>Juteks</u> ; <u>Armstrong</u> ; <u>Grabo</u>	Заводи з виробництва лінолеуму / реліну	Компанії з виробництва синтетичного каучуку та різних домішок	Промислові виробництва, фармацевтичні компанії, спортивні заклади	Паркет, ламінат, в деяких випадках не можливо замінити
Висновки: так як в даній галузі уже присутні компанії які мають великий вплив на ринку, вихід на даний ринок буде важким але реальним, оскільки жодна з компаній не використовує подібної технології виробництва до запропонованої а отже не може виготовляти настільки якісну продукцію. Клієнтська база є дуже великою так як в деяких випадках дана продукція просто не замінна.					

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності наведені в таблиці 8.13

Таблиця 8.13

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Ціна	Можливість варіювати ціну за рахунок прибутку
2	Якість кінцевого продукту	За рахунок впровадження нової технології якість продукту збільшується
3	Якість компонентів	Більшість компаній економлять на цьому аспекті
4	Швидкість виробництва	Майже не відрізняється
5	Реклама	Важлива для швидкого виходу на ринк

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін наведено в таблиці 8.14

Таблиця 8.14

№	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товарів конкурентів порівняно з МР (MAXPro)						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Ціна			♠	♦ ♥	♣		
2	Різноманіття кольорової гами			♥	♠ ♣	♦		
3	Якість кінцевого продукту	♣ ♠ ♥	♦					
4	Швидкість виробництва			♥	♦ ♠	♣		
5	Якість компонентів		♣ ♥	♠	♦			
6	Якість каучука			♠	♣ ♦ ♥			
7	Реклама			♠	♦ ♥	♣		
8	Різноманіття продукції			♠	♥ ♣	♦		
9	Доставка		♦	♠	♥		♣	
10	Можливість індивідуального замовлення				♣ ♠	♥	♦	
11	Металоемність конструкції	♣ ♥ ♠	♦					
12	Технологія виробництва	♠ ♣	♥ ♦					

♣ - Juteks

♦ - Tarkett

♥ - Grabo

♠ - Armstrong

Виходячи з даної таблиці маємо:

Слабкі сторони: можливість індивідуального замовлення та доставці

Сильні сторони: технологія виробництва, металоемність конструкції та якість кінцевого продукту

З цих даних робимо висновок, що підприємство має непогані перспективи розвитку, при необхідному фінансуванні а якщо зважати на нову технологію виготовлення, за допомогою якої зменшується металоємність конструкції та збільшується якість кінцевого продукту. При зменшенні металоємності конструкції агрегату, зменшується кількість запланованих ремонтів та їх складність, що дає змогу виготовляти більший об'єм продукції.

SWOT- аналіз подано в таблиці 8.15.

Таблиця 8.15

Можливості	загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Використання нових технологій - Порівняно не висока ціна готової продукції - Вища якість продукції 	<ul style="list-style-type: none"> - велика кількість найманих працівників для співпраці - досвід - необхідність великого приміщення для роботи - великий стартовий капітал - велика кількість конкурентів - не надання держ. кредиту - можлива втрата головного пакету акцій компанії
Можливості	загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Застосування нових технологій, що збільшує якість та об'єми виготовлення продукції - Універсальність застосування технології в будь-якій країні світу - Великий діапазон встановлення цін на продукт, що веде до збільшення прибутку. - вихід на провідні позиції 	<ul style="list-style-type: none"> - у великих підприємств є велика базаклієнтів яку необхідно буде переманити до себе - необхідність в капітало-вкладеннях

Управлінська проблема: проблема пошуку клієнтів, пошук інвесторів.

Альтернативні шляхи вирішення управлінської проблеми/ реалізації управлінської можливості:

1. Підвищення якості та кількості реклами.
2. Встановлення зручного цінового діапазону.
3. Великий простір для реклами.
4. Отримання держ. кредиту
5. Залучення інвесторів

Слабкі та сильні сторони альтернативних шляхів подано в таблиці 8.16.

Таблиця 8.16

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
Підвищення якості та кількості реклами	Збільшення витрат на рекламу	Конкурентна перевага, збільшення кількості клієнтів.
Встановлення зручного цінового діапазону	Можливі втрати порівняно з максимально можливою ціною при встановленні мінімальної	Додатковий дохід при правильному використанні можливостей.
Держ. кредит	Можлива відмова	Кошти на розвиток підприємства під не великий відсоток.
Інвестори	Можлива втрата контрольного пакета акцій	Додаткові кошти на розвиток підприємства

Найоптимальніший шлях вирішення управлінської проблеми є – збільшення долі реклами в загальному бюджеті підприємства та отримання держ. кредиту

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Вибір цільових груп потенційних подано в таблиці 8.17.

Таблиця 8.17

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Поодинокі замовлення	70	2	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту
2	Держ. замовлення	50	3	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту
3	Підприємства	95	35	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту
4	Спортивні заклади	90	45	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту
5	Фармацевтичні компанії	60	15	Висока	Вхід в сегмент за рахунок вищої якості продукту

Визначення базової стратегії розвитку подано в таблиці 8.18.

Таблиця 8.18

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	<i>Стратегія диференціації</i>	<i>Ексклюзивний розподіл</i>	<i>Відмітні властивості товару та варіативність конструкцій</i>	<i>Стратегія розвитку</i>

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки подано в таблиці 8.19.

Таблиця 8.19

№	Чи є проект першопроходцем на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента і які?	Стратегія конкурентної поведінки?
1	ні	Компанія буде шукати нову цільову аудиторію та паралельно забирати споживачів у конкурентів	ні	наступальна війна (Фланговий наступ)

Фланговий наступ. Гарний фланговий маневр має бути спрямований на незвідану територію, тактичний сюрприз має стати важливим елементом плану, а переслідування конкурента так само важливе, як і атака. Наприклад, конкуренти IBM Honeywell у США розгорнули свою діяльність у віддалених штатах, які випали з поля зору лідера. Флангову атаку можна проводити низькою ціною, високою ціною (літаки та годинники Concord, автомобілі Mercedes та ін.), малим калібром (класичний приклад — автомобілі «фольксвагенжук», малолітражні автомобілі), великим калібром, формою товару, меншою кількістю калорій.

Визначення стратегії позиціонування подано в таблиці 8.20.

Таблиця 8.20

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренти □ спроможні позиції власного стартап □ проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	різноманітність, практичність, ціна, якість.	Стратегія розвитку	Якість, варіативність конструкцій,	Якість Практичність

8.5 Розроблення маркетингової програми стартаппроекту

Ключові переваги концепції потенційного товару наведено в таблиці 8.21

Таблиця 8.21

<i>Потреба</i>	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
Покриття для підлоги та даху	Висока якість	Забезпечення рівнотовщинності продукту

Опис трьох рівнів моделі товару наведено в таблиці 8.22

Таблиця 8.22

Обрана альтернатива розвитку проекту	Сутність та складові
I. Товар за задумом	покращення якості готового продукту, зменшення металоємності агрегату, збільшення виробництва за рахунок зменшення кількості планових ремонтів.
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	Каландр з модернізованим механізмом прогину валка, механізм вмонтовується в валок
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Надійність 2. Енерго- та ресурсозбереження 3. Інноваційність технології 4. Зменшення габаритів конструкції
	Якість: відповідає Європейським нормам та ДСТУ.
III. Товар із підкріпленням	Марка: «MAXPRO»
	До продажу: Вибір продукції
	Після продажу: доставка
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: за рахунок нової технології виготовлення	

Формування системи збуту наведено в таблиці 8.23

Таблиця 8.23

№	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, як і має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Клієнти хочуть на власні очі бачити продукцію перед закупівлею, потребують доставки, консультацій	Гарантія Доставка	Нульовий рівень. Підприємство виготовляє повністю готовий і якісний продукт	Власна система збуту з залученням реклами та мас-медіа

Концепція маркетингових комунікацій наведено в таблиці 8.24

Таблиця 8.24

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Орієнтована на швидке та ефективне спілкування, бажано спеціалізоване	Спілкування як онлайн (сайти, соц.мережі) так і офлайн (зустрічі, телефонні розмови, виставки тощо). Друкована продукція (каталоги, спецвидання). Документальне оформлення домовленостей	Якість залежить від ціни; Тривале партнерство = лояльні ціни; Вчасно, ефективно і економно.	Ефективна демонстрація переваг продукції залежно від напрямку зацікавленості клієнта	Офіційний стиль. Наочна демонстрація даних (розрахунки, графіки, діаграми). Призначення зустрічей.

Висновки

Метою даної роботи була модернізація валка каландра. Для цього були проведені наступні етапи виконання роботи:

Спочатку було виконано детальне ознайомлення з базовою конструкцією, інформація, що була отримана в ході розгляду була використана при виборі шляхів модернізації.

Проведено огляд літератури. Було переглянуто альтернативні конструкції, а також різноманітні способи вдосконалення різних вузлів та механізмів, які входять в каландр. Внаслідок цього було обрано із запропонованих найбільш вдалі внесення змін у конструкцію та остаточно обгрунтовано напрямки модернізації.

Розроблено start-up проект за допомогою якого можна розпочати власне виробництво

У базову конструкцію валка при цьому було внесено наступне вдосконалення:

- в конструкцію валка вмонтовано механізмом компенсації прогину;

Розроблено start-up проект в якому були проаналізовані всі можливості та загрози майбутнього виробництва, визначено сильні та слабкі сторони за рахунок яких є можливість виходу на провідні позиції в виробництві леноліуму та реліну. Порівнявши всі отримані дані можемо розпочати власне виробництво

Виходячи з цих результатів робимо висновок що розроблена машина є повністю працездатною та більш вигідною в промисловості. За допомогою вдосконаленої конструкції отримуємо більш якісну продукцію та зменшуємо габарити агрегату за рахунок впровадження змін.

Зміст

ВСТУП.....	76
1 Розрахунки.....	77
1.1 Параметричний розрахунок каландра	77
1.2 Температурні напруження	82
1.3 Прогин валка	84
1.4 Продуктивність каландра	86
1.5 Тепловий баланс.....	88
1.6 Тепловий розрахунок валка каландра	89
1.6 Розрахунок охолодження підшипників кочення	96
2 Розрахунок в системі ANSYS	99
3 Проектування в системі AutoLISP.....	118
3.1. Структура програмного модуля.	118
3.2. Блок схема програми.....	119
3.3 Опис роботи системи	121
4 Результати проектування програми	125
4.1 Креслення адаптера	125
4.2 3D модель валка	125
Висновки	127
Література.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток А	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Калáндр — машина для безперервного формування листа полімеру, гуми, текстилю або паперу методом пропускання його через зазор між обертовими валами. У результаті каландрування виходить полотно необхідної товщини та ширини. Також каландр використовується для нанесення малюнку, візерунку методом тиснення. Основними характеристиками каландра є число валів, їхні довжина, діаметр і взаємне розташування.

Метою даного розділу є здійснення розрахунків агрегату на міцність визначення його продуктивності, виконання параметричного розрахунку за допомогою якого здійснюється проектування, провести тепловий розрахунок для основних вузлів каландру, які підтверджують роботоздатність агрегату. За допомогою розрахункових систем порівнюємо базові конструкції з модернізованою

1 Розрахунки

1.1 Параметричний розрахунок каландра

Визначаємо величину калібруючого зазору.

$$h''_k = \frac{t_{nl}}{\delta} \quad (1)$$

де: t_{nl} – товщина полотна приймаємо рівною 3 мм.

$$\delta = \frac{\mu}{\lg \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,3}{\lg \frac{25}{2}} = 0.273 \quad (2)$$

де: μ - коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні валка

$$h''_k = \frac{t_{nl}}{\delta} = \frac{3}{0.273} = 10.97$$

Величина початкового зазору

$$h_k = \frac{(1+f)(1+f_2+f_2^2)}{f_1 f_2 (1+f_2)(1+f+f^2)} \cdot h''_k \quad (3)$$

де: f – значення фріиції, приймаємо їхні значення $f=1, f_1=1,1, f_2=1,2$

$$\begin{aligned} h_k &= \frac{(1+f)(1+f_2+f_2^2)}{f_1 f_2 (1+f_2)(1+f+f^2)} \cdot h''_k = \\ &= \frac{(1+1)(1+1,2+1,2^2)}{1,1 \cdot 1,2 \cdot (1+1,2)(1+1+1^2)} \cdot 10,97 = 9,16 \text{ мм} \end{aligned}$$

Проміжний зазор

$$\begin{aligned} h'_k &= \frac{f_1(1+f_1)(1+f+f^2)}{(1+f)(1+f_1+f_1^2)} \cdot h_k = \\ &= \frac{1,1 \cdot (1+1,1)(1+1+1^2)}{(1+1)(1+1,1+1,1^2)} \cdot 9,16 = 9,6 \text{ мм} \end{aligned}$$

Розпірне зусилля в завантажувальному зазорі

$$P = \frac{3 \cdot k \cdot \alpha_{ef}^n \cdot \nu_1^n \cdot (1+f) R \cdot L \cdot B_1}{8 \alpha_{ef} h_k} \quad (4)$$

де: R – радіус валка, мм

L – довжина робочої зони валка, мм

n – реологічна константа матеріалу ($n=0.75$)

ν_1 – швидкість обертання першого валка, м/хв ($\nu_1=46\text{м/хв}$)

Коефіцієнт k приймаємо рівним 1,15

Визначаємо α'_{ef}

$$\alpha_{ef} = \frac{3(1+f)\sqrt{R \cdot T}}{2l\sqrt{h_k}} \quad (5)$$

де: l – довжина дуги захоплення, мм

Приймаємо значення $\Delta=20$ для початкового зазору звідси маємо $T=0,781$

$$\begin{aligned} l &= R \cdot \arcsin \frac{h_k(\Delta-1)}{2R} \cdot \sqrt{\frac{4R}{h_k(\Delta-1)} - 1} = \\ &= 34 \cdot \arcsin \frac{9,16 \cdot (20-1)}{2 \cdot 68} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 34}{9,16 \cdot (20-1)} - 1} = 87,47 \text{ мм} \\ \alpha_{ef} &= \frac{3(1+f)\sqrt{R \cdot T}}{2l\sqrt{h_k}} = \frac{3 \cdot (1+1) \cdot \sqrt{34 \cdot 0,781}}{2 \cdot 0,874 \cdot \sqrt{0,91}} = 1.85 \end{aligned} \quad (6)$$

Розпірне зусилля в початковому зазорі

$$\begin{aligned} P &= \frac{3 \cdot k \cdot \alpha_{ef}^n \cdot \nu_1^n \cdot (1+f) R \cdot L \cdot B_1}{8 \alpha_{ef} h_k} = \frac{3 \cdot 1,15 \cdot 2,61^{0,75} \cdot 46^{0,75} \cdot (1+1) \cdot 34 \cdot 170 \cdot 2,776}{8 \cdot 1.85 \cdot 0,91} = \\ &= 228800 \text{ кЗ} = 2244530 \text{ Н} \end{aligned}$$

Розпірне зусилля в проміжному зазорі

$$\begin{aligned} P &= \frac{3 \cdot k \cdot \alpha_{ef}^{n-1} \cdot \nu_1^n \cdot (1+f) \cdot (1+f_1+f_1^2) R \cdot L \cdot B_1}{8 \alpha_{ef} h_k^{n+1} \cdot f_1^{n+1} \cdot (1+f+f^2)} = \\ &= \frac{3 \cdot 1.15 \cdot 1.85^{-0,25} \cdot 46^{0,75} \cdot (1+1) \cdot (1+1,1+1,1^2) \cdot 34 \cdot 170 \cdot 2,776}{8 \cdot 1.85 \cdot 0,91^{1,75} \cdot 1,1^{1,75} \cdot (1+1+1^2)} = \\ &= 123600 \text{ кЗ} = 1212515 \text{ Н} \end{aligned}$$

Розпірне зусилля в калібруючому зазорі

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{3 \cdot k \cdot \alpha_{ef}^{n-1} \cdot \nu_1^n \cdot (1+f) \cdot (1+f_2+f_2^2) R \cdot L \cdot B_1}{8 \alpha_{ef} h_k^{n+1} \cdot f_1^{n+1} \cdot f_2^{n+1} \cdot (1+f+f^2)} = \\
 &= \frac{3 \cdot 1.15 \cdot 1.85^{-0.25} \cdot 46^{0.75} \cdot (1+1) \cdot (1+1.2+1.2^2) \cdot 34 \cdot 170 \cdot 2,776}{8 \cdot 1.85 \cdot 0,91^{1.75} \cdot 1,1^{1.75} \cdot 1.2^{1.75} \cdot (1+1+1^2)} = \\
 &= 98760 \text{ кг} = 968835 \text{ Н}
 \end{aligned}$$

Крутний момент знаходимо на кожному валку каландру окремо.

Крутний момент який необхідно подолати при обертанні першого валка

В першому зазорі фрикція $f=1$, тому при $\Delta=20$ $C_1=C_2=C=0,325$, $T_2=1,169$,
 $T_1=0,959$

$$M_1 = \frac{3 \cdot C_2 \cdot k \cdot \alpha_{ef2}^n \cdot \nu_1 \cdot (1+f) \cdot R \sqrt{RL}}{\alpha_{ef2} \cdot \sqrt{h_k}} \quad (7)$$

де: R – радіус валка, мм

L – довжина робочої зони валка, мм

n – реологічна константа матеріалу ($n=0.75$)

ν_1 – швидкість обертання першого валка, м/хв ($\nu_1=46 \text{ м/хв}$)

f – фрикція

Коефіцієнт k приймаємо рівним 1,15

Визначаємо α_{ef2}

$$\alpha_{ef2} = \frac{(1+f) \sqrt{R \cdot T}}{l \sqrt{h_k}} = \frac{(1+1) \cdot \sqrt{34 \cdot 0,781}}{8,74 \cdot \sqrt{0,91}} = 1,23 \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \frac{3 \cdot C_2 \cdot k \cdot \alpha_{ef2}^n \cdot \nu_1^n \cdot (1+f) \cdot R \sqrt{RL}}{\alpha_{ef2} \cdot \sqrt{h_k}} = \\
 &= \frac{3 \cdot 0,325 \cdot 1,15 \cdot 1,71^{0,75} \cdot 46^{0,75} \cdot (1+1) \cdot 34 \sqrt{34 \cdot 170}}{1,23 \cdot \sqrt{0,91}} = \quad (9)
 \end{aligned}$$

$$= 264400 \text{ кг} / \text{см} = 2644 \text{ кг} / \text{м}$$

Визначаємо крутний момент на другому валку

$$M_2 = \frac{3 \cdot k \cdot v_1^n \cdot R \sqrt{RL}}{\sqrt{h_k}} \cdot (C_1 \cdot \alpha'_{\phi 1} \cdot (1+f) + \frac{C_2 \cdot (\alpha'_{\phi 2})^{n-1}}{f^{\frac{2 \cdot n+1}{2}}} \cdot \sqrt{\frac{(1+f) \cdot (1+f_1) \cdot (1+f_1+f_1^2)}{1+f+f^2}}) \quad (10)$$

Визначаємо $\alpha'_{\phi 2}$ та $\alpha'_{\phi 1}$

$$\alpha'_{\phi 1} = \frac{(1+f_1) \sqrt{R \cdot T_1}}{l \sqrt{h_k}} = \frac{(1+1,1) \cdot \sqrt{34 \cdot 0,959}}{8,74 \cdot \sqrt{0,91}} = 1,43 \quad (11)$$

$$\alpha'_{\phi 2} = \frac{(1+f_2) \sqrt{R \cdot T_2}}{l \sqrt{h_k}} = \frac{(1+1,2) \cdot \sqrt{34 \cdot 1,169}}{8,74 \cdot \sqrt{0,91}} = 1,66 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{3 \cdot k \cdot v_1^n \cdot R \sqrt{RL}}{\sqrt{h_k}} \cdot (C_1 \cdot \alpha'_{\phi 1} \cdot (1+f) + \frac{C_2 \cdot (\alpha'_{\phi 2})^{n-1}}{f^{\frac{2 \cdot n+1}{2}}} \cdot \sqrt{\frac{(1+f) \cdot (1+f_1) \cdot (1+f_1+f_1^2)}{1+f+f^2}}) = \\ &= \frac{3 \cdot 1,15 \cdot 46^{0,75} \cdot 34 \cdot \sqrt{34 \cdot 170}}{\sqrt{0,91}} \cdot (0,325 \cdot 1,43 \cdot (1+1,1) + \frac{0,325 \cdot 1,66^{-0,25}}{1^{\frac{2 \cdot 0,75+1}{2}}} \cdot \sqrt{\frac{(1+1) \cdot (1+1,1) \cdot (1+1,1+1,1^2)}{1+1+1^2}}) = \\ &= 199200 \text{ кг} / \text{см} = 1992 \text{ кг} / \text{м} \end{aligned}$$

Визначаємо крутний момент на третьому валку

$$\begin{aligned} M_3 &= \frac{3 \cdot k \cdot v_1^n \cdot R \sqrt{RL}}{\sqrt{h_k} \cdot f^{\frac{2 \cdot n+1}{2}}} \cdot \sqrt{\frac{1+f}{1+f+f^2}} \cdot (C_1 \cdot (\alpha''_{\phi 1})^{n-1} \cdot \sqrt{(1+f_1) \cdot (1+f_1+f_1^2)} + \\ &+ \frac{C_2 \cdot (\alpha''_{\phi 2})^{n-1}}{f^{\frac{2 \cdot n+1}{2}}} \cdot \sqrt{(1+f_2)(1+f_2+f_2^2)}) \quad (13) \end{aligned}$$

Визначаємо $\alpha''_{\phi 2}$ та $\alpha''_{\phi 1}$

$$\alpha'_{\phi 1} = \alpha''_{\phi 1} = \frac{(1+f_1) \sqrt{R \cdot T_1}}{l \sqrt{h_k}} = \frac{(1+1,1) \cdot \sqrt{34 \cdot 0,959}}{8,74 \cdot \sqrt{0,91}} = 1,43$$

$$\alpha'_{\phi 2} = \alpha''_{\phi 2} = \frac{(1+f_2)\sqrt{R \cdot T_2}}{l\sqrt{h_k}} = \frac{(1+1,2) \cdot \sqrt{34 \cdot 1,169}}{8,74 \cdot \sqrt{0,91}} = 1,66$$

$$M_3 = \frac{3 \cdot k \cdot \nu_1^n \cdot R \sqrt{RL}}{\sqrt{h_k} \cdot f^{\frac{2 \cdot n + 1}{2}}} \cdot \sqrt{\frac{1+f}{1+f+f^2}} \cdot (C_1 \cdot (\alpha''_{\phi 1})^{n-1} \cdot \sqrt{(1+f_1) \cdot (1+f_1+f_1^2)} + \\ + \frac{C_2 \cdot (\alpha''_{\phi 2})^{n-1}}{f^{\frac{2 \cdot n + 1}{2}}} \cdot \sqrt{(1+f_2)(1+f_2+f_2^2)}) = \frac{3 \cdot 1,15 \cdot 46^{0,75} \cdot 34 \cdot \sqrt{34 \cdot 170}}{\sqrt{0,91} \cdot 1^{\frac{2 \cdot 0,75 + 1}{2}}} \cdot \sqrt{\frac{1+1}{1+1+1^2}} \cdot \\ \cdot (0,325 \cdot (1,43)^{-0,25} \cdot \sqrt{(1+1,1) \cdot (1+1,1+1,1^2)} + \frac{0,325 \cdot (1,66)^{-0,25}}{1^{\frac{2 \cdot 0,75 + 1}{2}}} \cdot \\ \cdot \sqrt{(1+1,2)(1+1,2+1,2^2)}) = 190100 \text{ кг} / \text{см} = 1901 \text{ кг} / \text{м}$$

Визначаємо крутний момент на четвертому валку

$$M_4 = \frac{3 \cdot C_1 \cdot k \cdot (\alpha''_{\phi 2})^{n-1} \cdot \nu_1^n \cdot (1+f) \cdot R \sqrt{RL}}{f_1^{\frac{2 \cdot n + 1}{2}} \cdot f_2^{\frac{2 \cdot n + 1}{2}} \cdot \sqrt{h_k}} \cdot \sqrt{\frac{(1+f)(1+f_2)(1+f_2+f_2^2)}{1+f+f^2}} = \\ = \frac{3 \cdot 0,325 \cdot 1,15 \cdot 1,66^{-0,25} \cdot 46^{0,75} \cdot (1+1) \cdot 34 \cdot \sqrt{34 \cdot 170}}{1,1^{\frac{2 \cdot 0,75 + 1}{2}} \cdot 1,2^{\frac{2 \cdot 0,75 + 1}{2}} \cdot \sqrt{0,91}} \cdot \sqrt{\frac{(1+1)(1+1,2)(1+1,2+1,2^2)}{1+1+1^2}} = 121400 \text{ кг} / \text{см} = 1214 \text{ кг} / \text{м} \quad (14)$$

Визначаємо споживану потужність на кожному з валків та загалом.

$$N_n = \frac{M_n \cdot \nu}{6120 \cdot R} \quad (15)$$

$$N_{\text{заг}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 \quad (16)$$

Визначаємо споживану потужність на першому валку

$$N_1 = \frac{M_1 \cdot \nu}{6120 \cdot R} = \frac{2644 \cdot 46}{6120 \cdot 0,34} = 58,4$$

Визначаємо споживану потужність на першому валку

$$N_2 = \frac{M_2 \cdot \nu}{6120 \cdot R} = \frac{1992 \cdot 46}{6120 \cdot 0,34} = 44 \text{ кВт}$$

Визначаємо споживану потужність на першому валку

$$N_3 = \frac{M_3 \cdot v}{6120 \cdot R} = \frac{1901 \cdot 46}{6120 \cdot 0,34} = 42$$

Визначаємо споживану потужність на першому валку

$$N_4 = \frac{M_4 \cdot v}{6120 \cdot R} = \frac{1214 \cdot 46}{6120 \cdot 0,34} = 26,8$$

Визначаємо загальну споживану потужність

$$N_{\text{заг}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = 58,4 + 44 + 42 + 26,8 = 171,2$$

1.2 Температурні напруження

На валки каладрів діє розпірна сила рівномірно розподілена по робочій довжині валка. Максимальне навантаження по довжині валка досягає:

$$P = 2.3 \text{ МПа}$$

Так як можливі різкі зміни температур в результаті охолодження валків важливу роль грають температурні напруження.

Радіальні напруження

$$\sigma_T = \frac{\alpha_l \cdot E \cdot (t_{\text{вн}} - t_n)}{2 \cdot (1 - \nu) \cdot (R_n^2 - R_{\text{вн}}^2) \cdot \ln \frac{R_n}{R_{\text{вн}}}} \cdot (R_{\text{вн}}^2 \cdot \ln \frac{R_{\text{вн}}}{r} - R_n^2 \cdot \ln \frac{R_n}{r} + \frac{R_n^2 \cdot R_{\text{вн}}^2}{r^2} \cdot \ln \frac{R_n}{R_{\text{вн}}}) \quad (17)$$

Тангенсальні напруження

$$\sigma_\tau = \frac{\alpha_l \cdot E \cdot (t_{\text{вн}} - t_n)}{2 \cdot (1 - \nu) \cdot (R_n^2 - R_{\text{вн}}^2) \cdot \ln \frac{R_n}{R_{\text{вн}}}} \cdot (R_n^2 \cdot (1 - \ln \frac{R_n}{r}) - R_{\text{вн}}^2 \cdot (1 - \ln \frac{R_{\text{вн}}}{r}) + \frac{R_n^2 \cdot R_{\text{вн}}^2}{r^2} \cdot \ln \frac{R_n}{R_{\text{вн}}}) \quad (18)$$

Осьові напруження

$$\sigma_Z = \frac{\alpha_l \cdot E \cdot (t_{\text{вн}} - t_n)}{2 \cdot (1 - \nu) \cdot (R_n^2 - R_{\text{вн}}^2) \cdot \ln \frac{R_n}{R_{\text{вн}}}} \cdot (R_n^2 \cdot (1 - 2 \cdot \ln \frac{R_n}{r}) - R_{\text{вн}}^2 \cdot (1 - 2 \cdot \ln \frac{R_{\text{вн}}}{r})) \quad (19)$$

де: $t_{вн}$ – температура внутрішньої поверхні валка, °C

t_n – температура зовнішньої поверхні валка, °C

α_l – коефіцієнт лінійного розширення ($\alpha_l = 1 \cdot 10^{-3}$)

E – модуль пружності $кг/см^3$

ν – коефіцієнт Пуассона

$R_{вн}$ – радіус внутрішньої поверхні валка, мм

R_n – радіус зовнішньої поверхні валка, мм

r – радіус-вектор до перетину в якому знаходимо напруження, мм

Визначаємо радіус-вектор

$$r = \frac{R_n \cdot R_{вн}}{R_n^2 - R_{вн}^2} \cdot \sqrt{2 \ln \frac{R_n}{R_{вн}}} = \frac{34 \cdot 10}{34^2 - 10^2} \cdot \sqrt{2 \ln \frac{34}{10}} = 0,5 \quad (20)$$

Визначаємо радіальні напруження

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \frac{\alpha_l \cdot E \cdot (t_{вн} - t_n)}{2 \cdot (1 - \nu) \cdot (R_n^2 - R_{вн}^2) \cdot \ln \frac{R_n}{R_{вн}}} \cdot \left(R_{вн}^2 \cdot \ln \frac{R_{вн}}{r} - R_n^2 \cdot \ln \frac{R_n}{r} + \frac{R_n^2 \cdot R_{вн}^2}{r^2} \cdot \ln \frac{R_n}{R_{вн}} \right) = \\ &= \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (60 - 15)}{2 \cdot (1 - 0,3) \cdot (34^2 - 10^2) \cdot \ln \frac{34}{10}} \cdot \left(10^2 \cdot \ln \frac{10}{0,5} - 34^2 \cdot \ln \frac{34}{0,5} + \frac{34^2 \cdot 10^2}{0,5^2} \cdot \ln \frac{34}{10} \right) = \\ &= -1,2 МПа \end{aligned}$$

Тангенсальні та осьові напруження досягають максимальних значень на внутрішній та зовнішній поверхнях валка маємо

$$\begin{aligned} \sigma_{\tau(r=R_n)} &= \frac{\alpha_l \cdot E \cdot (t_{вн} - t_n)}{2 \cdot (1 - \nu)} \cdot \left(\frac{1}{\ln \frac{R_n}{R_{вн}}} - \frac{2R_{вн}^2}{R_n^2 - R_{вн}^2} \right) = \\ &= \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (35 - 15)}{2 \cdot (1 - 0,3)} \cdot \left(\frac{1}{\ln \frac{34}{10}} - \frac{2 \cdot 10^2}{34^2 - 10^2} \right) = -1,8 кПа \end{aligned}$$

$$\sigma_{\tau(r=R_{\text{вн}})} = \frac{\alpha_l \cdot E \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})}{2 \cdot (1 - \nu)} \cdot \left(\frac{1}{\ln \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{вн}}}} - \frac{2R_{\text{н}}^2}{R_{\text{н}}^2 - R_{\text{вн}}^2} \right) =$$

$$= \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (35 - 15)}{2 \cdot (1 - 0.3)} \cdot \left(\frac{1}{\ln \frac{34}{10}} - \frac{2 \cdot 34^2}{34^2 - 10^2} \right) = 3,9 \text{ кПа}$$

Осьові зусилля на внутрішній та зовнішній поверхні валка рівні тангенсальним зусиллям и дорівнюють:

$$\sigma_{Z(r=R_{\text{вн}})} = \sigma_{\tau(r=R_{\text{вн}})} = 3,9 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{Z(r=R_{\text{н}})} = \sigma_{\tau(r=R_{\text{н}})} = -1,8 \text{ кПа}$$

1.3 Прогин валка

Прогин валка залежить від розпiрного зусилля та розмірів валка

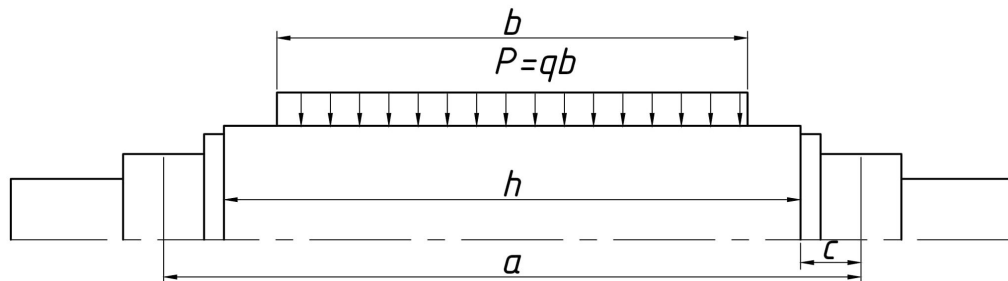


Рис. 1.1 схема навантаження валка для визначення прогину

Визначаємо площу бочки валка та цапфи

площа бочки

$$F_{\text{б}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{б}}^2 - d_{\text{б}}^2) \quad (21)$$

де: $D_{\text{б}}$ – зовнішній діаметр бочки валка, см

$d_{\text{б}}$ – внутрішній діаметр бочки валка, см

$$F_{\text{б}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{б}}^2 - d_{\text{б}}^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (68^2 - 20^2) = 3318 \text{ см}^2$$

площа цапфи

$$F_u = \frac{\pi}{4} \cdot (D_u^2 - d_u^2) \quad (22)$$

де: D_u – зовнішній діаметр бочки цапфи, см

d_u – внутрішній діаметр бочки цапфи, см

$$F_u = \frac{\pi}{4} \cdot (D_u^2 - d_u^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (45^2 - 20^2) = 1312 \text{ см}^2$$

Визначаємо моменти інерції на цапфах та бочці валка

Момент інерції на цапфах

$$J_u = \frac{\pi}{64} \cdot (D_u^4 - d_u^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (45^4 - 20^4) = 2,02 \cdot 10^5 \text{ см}^4 \quad (23)$$

Момент інерції на бочці валка

$$J_o = \frac{\pi}{64} \cdot (D_o^4 - d_o^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (68^4 - 20^4) = 1,04 \cdot 10^6 \text{ см}^4 \quad (24)$$

Визначаємо стрілу прогину бочки валка від дії вигинаючого моменту

$$f_u = \frac{P}{384 \cdot E \cdot J_o} (8a^3 - 4ab^2 + b^3 + 64c^3 \cdot (\frac{J_o}{J_u} - 1)) \quad (25)$$

де: P – розподілене навантаження, Па

a – відстань між підшипниками, см

b – робоча зона бочки валка, см

c – відстань від бочки до центру підшипника, см

E – модуль пружності, Па

Визначаємо розподілене навантаження

$$P = q \cdot b = 2000 \cdot 170 = 3,4 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad (26)$$

$$f_u = \frac{P}{384 \cdot E \cdot J_o} (8a^3 - 4ab^2 + b^3 + 64c^3 \cdot (\frac{J_o}{J_u} - 1)) = \frac{3,4 \cdot 10^5}{384 \cdot E \cdot J_o} \cdot (8 \cdot 230^3 -$$

$$-4 \cdot 230 \cdot 170^2 + 170^3 + 64 \cdot 12,5^3 \cdot (\frac{1,04 \cdot 10^6}{2,02 \cdot 10^5} - 1)) = 0,32 \text{ см} = 3,2 \text{ мм}$$

Визначаємо стрілу прогину бочки валка від дії перерізуючої сили

$$f_n = \frac{P}{4 \cdot G \cdot F_{\bar{\sigma}}} \left(a - \frac{b^2}{2} + 2c \cdot \left(\frac{F_{\bar{\sigma}}}{F_{\bar{\sigma}_y}} - 1 \right) \right) \quad (27)$$

де: P – розподілене навантаження

a – відстань між підшипниками, см

b – робоча зона бочки валка, см

c – відстань від бочки до центру підшипника, см

G – модуль зсуву

$$f_n = \frac{P}{4 \cdot G \cdot F_{\bar{\sigma}}} \left(a - \frac{b^2}{2} + 2c \cdot \left(\frac{F_{\bar{\sigma}}}{F_{\bar{\sigma}_y}} - 1 \right) \right) = \frac{3,4 \cdot 10^5}{4 \cdot 4,5 \cdot 10^5 \cdot 3318} \cdot \left(230 - \frac{170^2}{2} + 2 \cdot 12,5 \right) = 1,08 \cdot 10^{-4} \text{ см} = 0,0001 \text{ мм}$$

Визначаємо сумарну стрілу прогину бочки

$$f = f_u + f_n = 3,2 + 0,0001 \approx 3,2 \text{ мм}$$

Оскільки даний прогин призведе до нерівнотовщинності виготовляемого листа то його необхідно компенсувати.

Якщо опорні і робочі валки мають циліндричну форму, то при прокатці утворюють робочих валків в зоні деформації візьмуть увігнуту форму і виходить з валків смуга посередині ширини буде опуклою. З метою зменшення різнотовщинності (опуклості) смуги робочі валки при шліфуванні роблять також опуклими (даний валок спроектовано з врахуванням цієї проблеми і в результаті необхідності валок розпирають з середини за допомогою гідроциліндрів) з таким розрахунком, щоб ця опуклість дорівнювала очікуваному прогину валка при прокатці. Зазвичай для кожної робочої кліті є 3-4 комплекту робочих валків з різною опуклістю для виготовлення вузької, середньої і широкої смуги.

За допомогою даного способу можна досягнути мінімальної різнотовщинності виготовляемого листа.

1.4 Продуктивність каландра

Продуктивність каландра як машини безперервного дії може бути визначена за формулою

$$Q = 60vF\gamma\eta \quad (28)$$

де: v - швидкість виходу стрічки

$F = h_k b$ - площа поперечного перерізу стрічки в зазорі між гілками (h_k , b - висота і ширина стрічки) в м²;

γ - питома вага стрічки кг/м³ (приймаємо $\gamma = 1,5$)

η - коефіцієнт використання машинного часу ($\eta = 0,9$)

Швидкість v не дорівнює круговій швидкості валка, на якій налипає матеріал; вона буде трохи більше окружної швидкості валка через так званого випередження матеріалу і фракції.

$$v = v_1 \cdot \varphi \quad (29)$$

де: φ - коефіцієнт випередження

$v_1 = \pi D n$ - кругова швидкість валка

При наявності фрикції в формулу підставляється v і n валка, який рухається з меншою круговою швидкістю. Звідси продуктивність

$$Q = 60\pi D n h_k b \gamma \varphi \eta \quad (30)$$

Якщо ґрунтуватися на теорії пластичної деформації матеріалу між валками, то коефіцієнт випередження

$$\varphi = 1 + \frac{R}{h_k} \cdot \beta^2 \quad (31)$$

де: R – радіус валка

h_k – мінімальний зазор між валками

β - кут випередження

Кут випередження

$$\beta = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2\mu} \right) \quad (32)$$

α - кут захоплення

μ - коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні валка

$$\beta = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{\alpha}{2\mu} \right) = \frac{25}{2} \left(1 - \frac{25}{2 \cdot 0,3} \right) = -243,75^\circ = 0,45$$

коефіцієнт випередження

$$\varphi = 1 + \frac{R}{h_k} \cdot \beta^2 = 1 + \frac{68}{0,3} \cdot 0,45^2 = 1,37$$

Визначаємо продуктивність каландра

$$Q = 60\pi D n h_k b \gamma \varphi \eta = 60 \cdot \pi \cdot 0,68 \cdot 22 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot \\ \cdot 1,5 \cdot 1,7 \cdot 1,37 \cdot 0,9 = 19,4 \text{ кг / год}$$

1.5 Тепловий баланс

Знаходимо кількість теплової енергії яка підводиться до вала

$$Q_{\text{в}} = G_M \cdot (i_n - i_k) + Q_n - Q_N \quad (33)$$

Оскільки теплоносієм являється насичений пар то рівняння приймає вигляд:

$$Q_{\text{в}} = G \cdot (i_n - i_k) \quad (34)$$

де: G – кількість пара яка поступає для обігріву валка, кг

i_n – теплоємність пару, Дж/кг

i_k – теплоємність конденсатора, Дж/кг

$$Q_{\text{в}} = G \cdot (i_n - i_k) = 5,6 \cdot (200 - 50) = 840 \text{ Дж}$$

Площа дотику матеріалу з валком

$$F = \varphi \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{360} B \quad (35)$$

де: R – радіус валка

φ – довжина робочої зони валка

B – центральний кут обхвату валка перероблюваним матеріалом

$$F = \varphi \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{360} B = 30 \cdot \frac{2\pi \cdot 34}{360} \cdot 170 = 3024 \text{ см}^2$$

1.6 Тепловий розрахунок валка каландра

Енергетичний баланс валка каландра можна записати у вигляді рівняння

$$G_{сер} x t_n + Q'_{дис} + Q_{нагр} = G_{сер} x t_k + Q_{вит}, \quad (36)$$

$G_{сер}$ – кількість матеріалу, який поступає на валок за одиницю часу, кг/с;

C_p – питома теплоємність полімера при температурі переробки, Дж/(кг·К);

t_n – початкова температура полімера на вході на валок, °С;

t_k – кінцева температура полімера після сходу з валка, °С;

$Q'_{дис}$ – половина величини теплової енергії, отриманої за рахунок перетворення механічної енергії в теплову, Вт;

$Q_{нагр}$ – кількість теплової енергії, яка підводиться до валка, Вт;

$Q_{вит}$ – теплові витрати від валка в навколишнє середовище, Вт.

З рівняння енергетичного балансу валка визначаємо

$$Q_{нагр} = C_p (t_n - t_k) + Q_{вит} - Q'_{дис}. \quad (37)$$

Масова продуктивність в кожному з зазорів каландра буде однаковою

$$G_1 = G_2 = G_3 = G_4 \quad (38)$$

Для третього валка

$$G_3 = V_3 \cdot L \cdot \delta_1 \cdot \rho, \quad (39)$$

V_3 – швидкість валка, на якому знаходиться маса, м/с;

L – довжина бочки валка каландра, м;

δ_1 – величина міжвалкового зазору, м;

ρ – густина полімера при температурі переробки, кг/м^3 .

Тут $\delta_1 = n_{\text{вих}} = 0,083 \cdot 2 = 1,97 \text{ мм} \approx 2 \text{ мм}$.

$$G_3 = 0,67 \cdot 1,8 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1460 = 3,13 \text{ кг/с}.$$

Кількість енергії, яка виноситься масою при нагріванні її від початкової до кінцевої температури

$$Q_{n_3} = G_3 \cdot C_p (t_n - t_k), \quad (40)$$

де Q_{n_3} – кількість енергії, яка виноситься масою з 3-го валка, Вт;

G_3 – масова продуктивність третього валка, кг/с ;

C_p – теплоємність полімера при температурі переробки, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

t_n – початкова температура полімера після проходження 3-го валка, $^{\circ}\text{C}$;

t_k – кінцева температура маси перед входом на валок, $^{\circ}\text{C}$;

$$Q_{n_3} = 3,13 \cdot 1390 \cdot (158,4 - 146,8) = 50468 \text{ Вт}.$$

Теплові витрати з третього валка каландра визначаються відношенням

$$Q_{\text{вит}3} = Q'_{\text{витр}} + Q''_{\text{витр}}, \quad (41)$$

де $Q'_{\text{витр}}$ – теплові витрати з поверхні третього валка, вільного від маси, Вт;

$Q''_{\text{витр}}$ – теплові витрати з поверхні третього валка, вкритого масою, Вт.

Теплові витрати з поверхні третього валка, вільного від маси, визначаються за формулою

$$Q'_{\text{випр}} = \alpha_3 \cdot F \cdot (t_{\text{в3}} - t_{\text{нс}}), \quad (42)$$

де α_3 – сумарний коефіцієнт тепловіддачі від поверхні третього валка в навколишнє середовище, Вт/(м²·град);

F – площа поверхні валка, °С;

$t_{\text{в3}}$ – температура поверхні валка, °С;

$t_{\text{нс}}$ – температура навколишнього середовища, °С.

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі розраховується за формулою

$$\alpha_3 = \alpha_{\text{к3}} + \alpha_{\text{в3}}, \quad (43)$$

де $\alpha_{\text{к3}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні лінолеуму до повітря за рахунок природної конвекції, Вт/(м²·град);

$\alpha_{\text{в3}}$ – коефіцієнт тепловіддачі за рахунок випромінювання з поверхні лінолеуму, Вт/(м²·град);

Коефіцієнт $\alpha_{\text{к}}$ визначається з формули

$$Nu = \frac{\alpha_{\text{к3}} \cdot D}{\lambda}, \quad (44)$$

$$Nu = C(\text{Pr} \cdot Gr)^n \cdot k, \quad (45)$$

де Pr – критерій Прандтля, для повітря $\text{Pr} = 0,71$;

Gr – критерій Грасгофа

$$Gr = \frac{\beta \cdot \Delta t \cdot x^3 \cdot g}{V^2}, \quad (46)$$

де β – коефіцієнт об'ємного розширення для газів;

$$\beta = \frac{1}{T_{nc} + 273}, \quad (47)$$

$T_{nc}=18^{\circ}\text{C}$ – температура навколишнього середовища

$$\Delta t = T - T_{nc}, \quad (48)$$

x - визначний розмір, $x = D_b$;

$V = 14,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ – кінематична в'язкість повітря при

$$T_{сер} = \frac{T + T_{nc}}{2}. \quad (49)$$

Коефіцієнти c, k та n в рівнянні Nu визначаються по добутку $PrGr$.

Якщо $PrGr > 10^9$, то $c = 0,1$; $n = 1/3$; $k = 1$.

Коефіцієнт α_{k3} отримуємо далі

$$\alpha_{k3} = \frac{\lambda_T}{d} \cdot Nu = \frac{\lambda_T}{d} \cdot C(Pr \cdot Gr)^n k, \quad (50)$$

де $\lambda_T = 2,58 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопроводності повітря при середній температурі.

$$(Pr \cdot Gr)'_3 = \frac{9,81 \cdot 0,71^3 \cdot (165 - 18) \cdot 0,71}{(14,9 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 291} = 8,44 \cdot 10^9 > 10^9.$$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією

$$\alpha_{k3} = \frac{2,58 \cdot 10^{-2}}{0,71} \cdot 0,1 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{8,44} = 7,39 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні полімеру до повітря за рахунок випромінювання

$$\alpha_{\epsilon} = E \cdot C_0 \cdot 10^{-3} = \frac{T^4 - T_{nc}^4}{T - T_{nc}}, \quad (51)$$

де $E = 0,65$ - степінь чорності зовнішньої поверхні полімеру;

$C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – константа випромінювання абсолютно чорного тіла.

$$\alpha_{\epsilon 3} = \frac{0,65 \cdot 5,67}{147} \left[\left(\frac{438}{100} \right)^4 - \left(\frac{291}{100} \right)^4 \right] = 7,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град});$$

$$\alpha_3 = 7,39 + 7,43 = 14,82 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град});$$

Втрати з третього валка, якщо він був повністю вільним від маси, складають

$$Q'_{\text{випр}} = \alpha_3 \cdot F \cdot (t_{\epsilon 3} - t_{nc}) = 14,82 \cdot 4,51 \cdot 147 = 8742 \text{ Вт}, \quad (52)$$

де $F = 4,51 \text{ м}^2$ – площа поверхні валка.

Величина дуги кола валка, де він вільний від маси $\gamma_b = 174^\circ$.

Втрати від третього валка там, де він вільний від маси

$$Q_{\text{випр}}^{III} = \frac{Q'_{\text{випр}3} \cdot \gamma}{360}, \quad (53)$$

$$Q_{\text{випр}}^{III} = \frac{8742 \cdot 174}{360} = 4225 \text{ Вт}.$$

Аналогічно розраховуємо втрати для поверхні третього валка, вкритого масою.

$$(\text{Pr} \cdot \text{Gr})_3'' = \frac{9,81 \cdot 0,71^3 \cdot (152,6 - 18) \cdot 0,71}{(14,9 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 291} = 5,2 \cdot 10^9 > 10^9,$$

$$\alpha''_{k3} = \frac{2,58 \cdot 10^{-2}}{0,71} \cdot 0,1 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{5,2} = 6,29 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

Степінь чорноти валка, вкритого полімером $E = 0,94$

$$\alpha''_{e3} = \frac{0,94 \cdot 5,67}{136,6} \left[\left(\frac{425,6}{100} \right)^4 - \left(\frac{291}{100} \right)^4 \right] = 10,15 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

$$\alpha''_e = 6,29 + 10,15 = 16,44 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}.$$

Втрати від третього валка, якщо він весь був вкритий масою, складуть

$$Q''_{вип3} = \alpha''_e \cdot F \cdot (t_{e3} - t_{nc}) = 16,44 \cdot 4,51 \cdot 134,6 = 8917,7 \text{ Вт} \quad (54)$$

Втрати на третьому валку там, де він вкритий масою

$$Q''_{вип3} = \frac{Q''_{вип3} \cdot \gamma}{360}, \quad (55)$$

$$Q''_{вип3} = \frac{8917,7 \cdot (360 - 174)}{360} = 4607,5 \text{ Вт.}$$

Сумарні витрати з третього валка складуть

$$Q_{вип3} = 4225 + 4607,5 = 8832,5 \approx 8833 \text{ Вт.}$$

Дисипаційне виділення енергії в зазорах при проходженні матеріалу для кожного з зазорів

$$Q'_{duc} = 27000 \text{ Вт}$$

$$Q''_{duc} = 49700 \text{ Вт}$$

$$Q'''_{\text{дис}} = 30300 \text{ Вт}$$

Тоді, враховуючи, що на кожний з валків приходить однакова кількість дисипаційної енергії, що виділилася в зазорі, маємо

$$Q'_{\text{дис3}} = \frac{Q''_{\text{дис}} + Q'''_{\text{дис}}}{2}, \quad (56)$$

$$Q'_{\text{дис3}} = \frac{49700 + 30300}{2} = 40000 \text{ Вт.}$$

Визначаємо потужність системи нагрівання валка

$$Q_{\text{нагр3}} = Q_{\text{пов3}} + Q_{\text{втр3}} - Q_{\text{дис3}}, \quad (57)$$

$$Q_{\text{нагр3}} = 50468 + 8833 - 40000 = 19300 \text{ Вт.}$$

Знаходимо витрату гріючого теплоносія (перегрітої води), вважаючи, що різниця температур на виході та вході теплоносія у валок складає $\Delta t = 1^\circ\text{C}$.

Для третього валка

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{нагр3}}}{C_p \cdot \Delta t}, \quad (58)$$

де $G_{\text{в}}$ – витрата теплоносія;

$C_p = 4370 \text{ Дж/(кг·град)}$ – теплоємність води,

$$G_{\text{в}} = \frac{19300}{4370 \cdot 1} = 4,41 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Об'ємні витрати перегрітої води

$$V = \frac{G_g}{\rho_g} = \frac{4,41}{1000} = 0,00441 \text{ м}^3 / \text{с} = 15,8 \text{ м}^3 / \text{год}, \quad (59)$$

де $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води.

Витрати води для обігріву валка складають $15,8 \text{ м}^3/\text{год}$.

1.6 Розрахунок охолодження підшипників кочення

В результаті тертя в підшипнику кочення виділяється значна кількість теплової енергії, яку необхідно відвести.

Якщо підшипники не охолоджувати, то температура вкладиш підшипника перевище допустиме значення. Крім теплоти, яка виділяється через тертя, можливий підвід теплоти до підшипника від нагрітого валку. В цьому випадку необхідно підсумувати всі теплові потоки які діють на надшипник.

Кількість теплоти, яка виділяється в підшипнику кочення, можна визначити за формулою.

$$Q = 3600 \cdot \frac{A \cdot l \cdot d}{427} \quad (60)$$

де: A – питома робота тертя, яка перетворюється в теплову енергію.

l – довжина цапфи, см

d – діаметр цапфи, см

Визначаємо питому роботу тертя

$$A = p_{nm} \cdot v \cdot \mu \quad (61)$$

де: v – колова швидкість цапфи.

μ – коефіцієнт тертя

p_{nm} – середній питомий тиск на цапфу

$$p_{nm} = \frac{P}{l \cdot d} \quad (62)$$

де: P – радіальне навантаження від розпірного зусилля, яке приходить на цапфу

$$p_{nm} = \frac{P}{l \cdot d} = \frac{710}{85 \cdot 45} = 0.19$$

$$A = p_{nm} \cdot v \cdot \mu = 0.19 \cdot 46 \cdot 0.3 = 2.5$$

Так як $A > 1,3$ то необхідне примусове водяне або масляне охолодження валків. Кількість теплоти яку необхідно відвести від підшипника визначаємо за формулою:

$$Q = 3600 \cdot \frac{A \cdot l \cdot d}{427} = 3600 \cdot \frac{2,5 \cdot 85 \cdot 45}{427} = 8213$$

Визначаємо довговічність радіальних дворядних сферичних підшипників
Визначаємо коефіцієнт роботоздатності.

$$C = Q \cdot (n \cdot h)^{0.3} = 2.3 \cdot 10^6 \quad (63)$$

де: Q – приведені радіальні навантаження.

n – швидкість обертання вала

h – довговічність підшипника

Приведіне радіальне напруження

$$Q = (K_k \cdot R + m \cdot A) \cdot K_\delta \cdot K_T \quad (64)$$

де: R – радіальне навантаження на підшипник.

A – осьове навантаження (навантаження на підшипник приймаємо $A=0$)

K_k – кінематичний коефіцієнт (приймаємо $K_k=1$)

K_δ – динамічний коефіцієнт (приймаємо $K_\delta=1,2$)

K_T – коефіцієнт який враховує на довговічність температурного режиму роботи підшипника (приймаємо $K_T=1$)

Так як осьові навантаження незначні записуємо формулу в наступному вигляді

$$Q = K_k \cdot R \cdot K_\delta \cdot K_T = 1 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 1,2 \cdot 1 = 6 \cdot 10^4$$

Із рівняння (39) знаходимо довговічність підшипника

$$(n \cdot h)^{0.3} = \frac{C}{Q} = \frac{2300000}{50000} = 46$$

З таблиць знаходимо довговічність підшипника $h=13500$ год

2 Розрахунок в системі ANSYS

За допомогою системи ANSYS порівнюємо базові конструкції валків та модернізований збірний валок. За базові конструкції було взято найбільш розповсюджені конструкції валків, рис.2.1 та рис. 2.2, які застосовуються в промисловості.

Базові конструкції валків та модернізована конструкція збірного валка (рис. 2.3) були проаналізовані на абсолютну деформацію, запас міцності та максимальні еквівалентні напруження з урахуванням теплових навантажень.

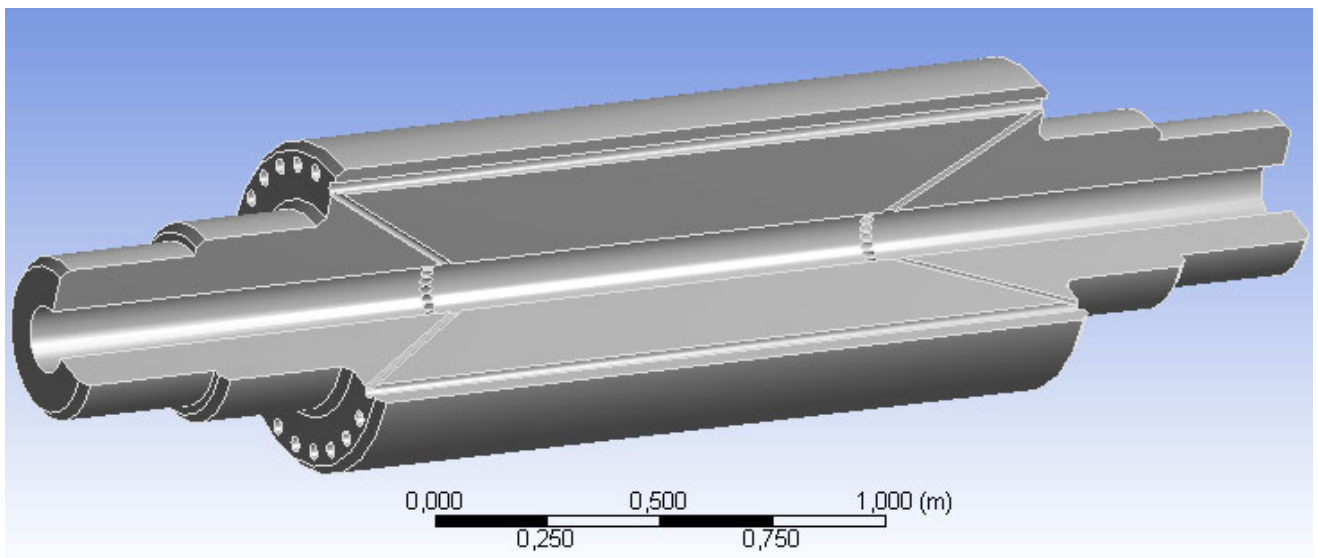


Рис 2.1 Валок

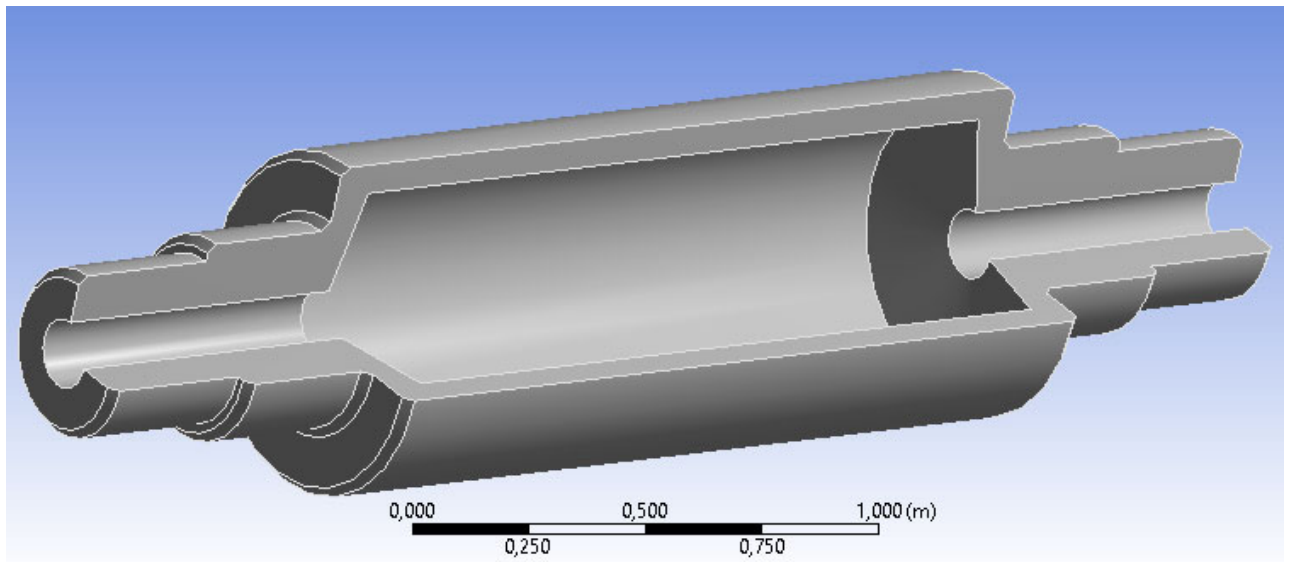


Рис 2.2 пустотілий валок

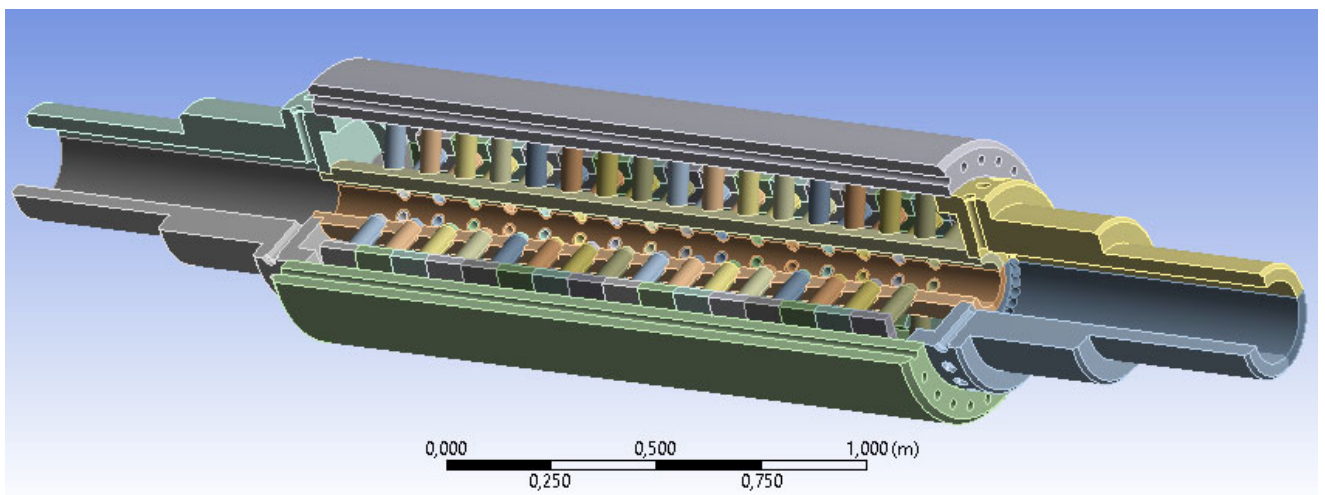


Рис 2.3 Модернізований збірний валок

Імпортуємо геометрію валків в систему ANSYS рис. 2.4 - 2.6

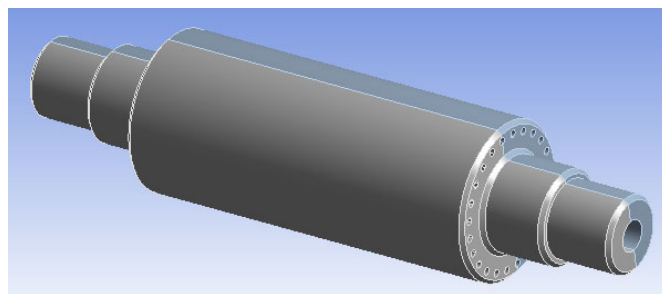


Рис. 2.4 Валок

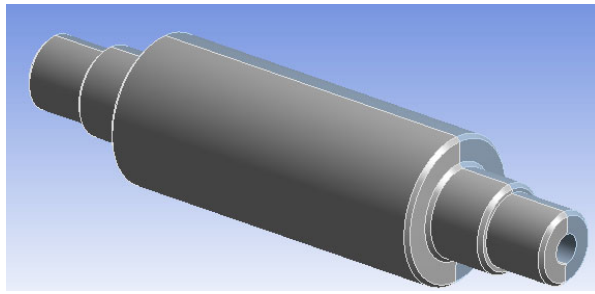


Рис. 2.5 Пустотілий валок

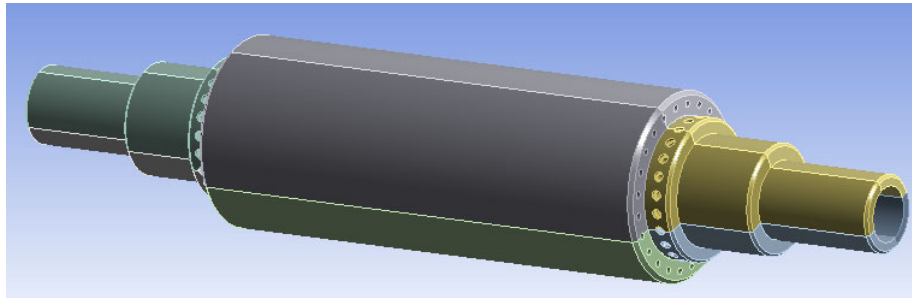


Рис. 2.6 Модернізований збірний валок

Розбиваємо дані конструкції на кінцеві елементи рис. 2.7 - 2.9

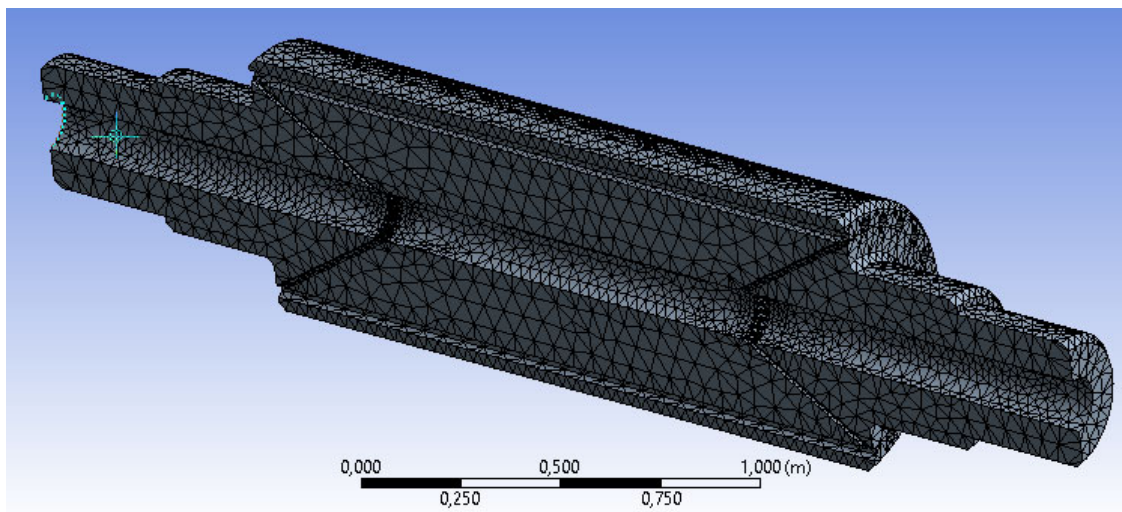


Рис. 2.7 Валок

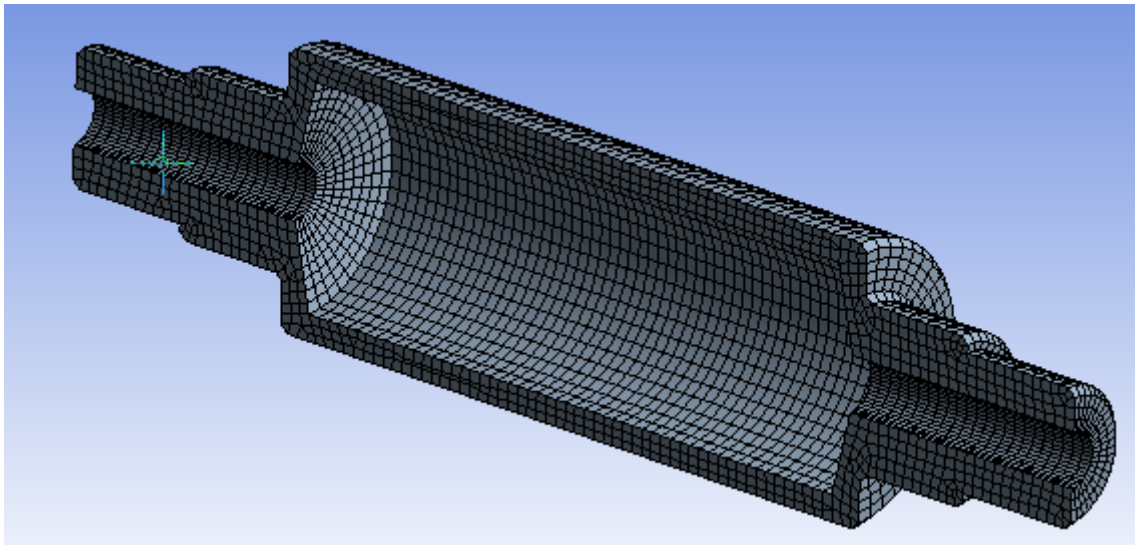


Рис. 2.8 Пустотілий валок

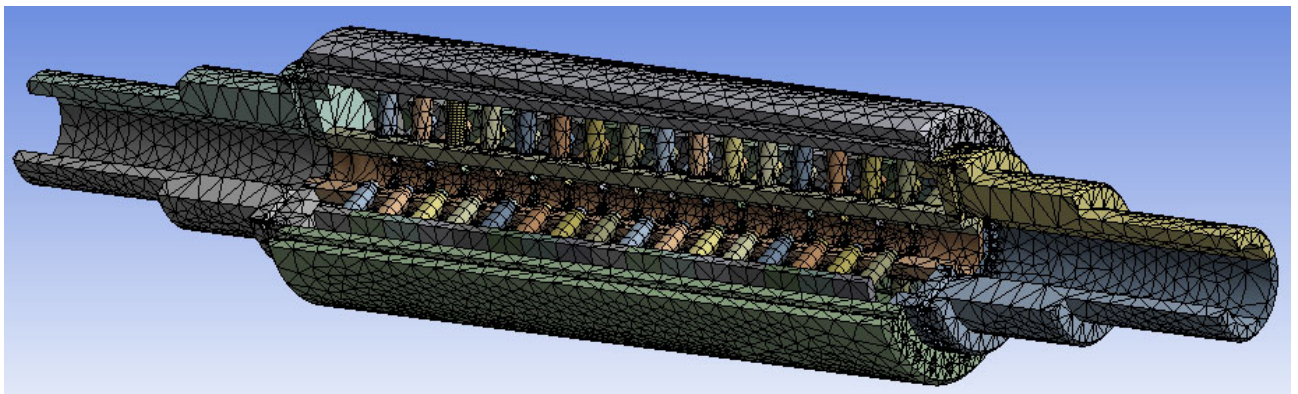


Рис. 2.9 Модернізований збірний валок

Для даних конструкцій задаємо зовнішню температуру та температуру в каналах рис. 2.10 – 2.15:

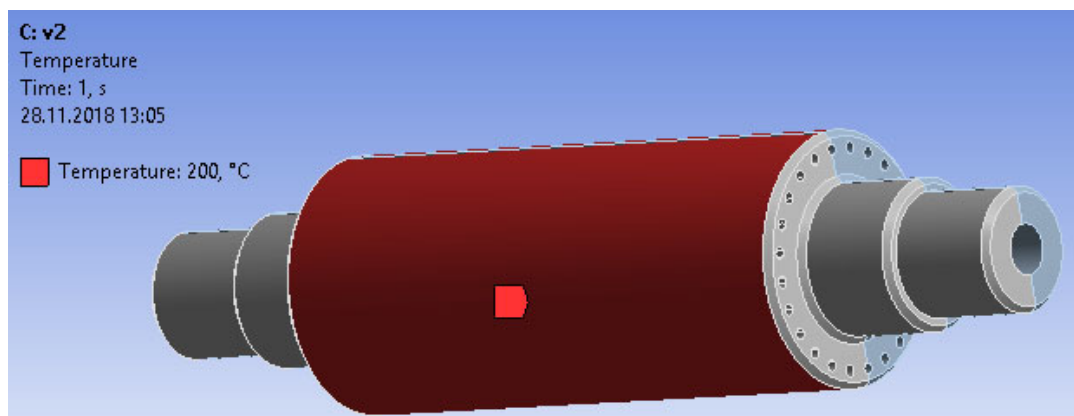


Рис. 2.10 Зовнішня температура валка

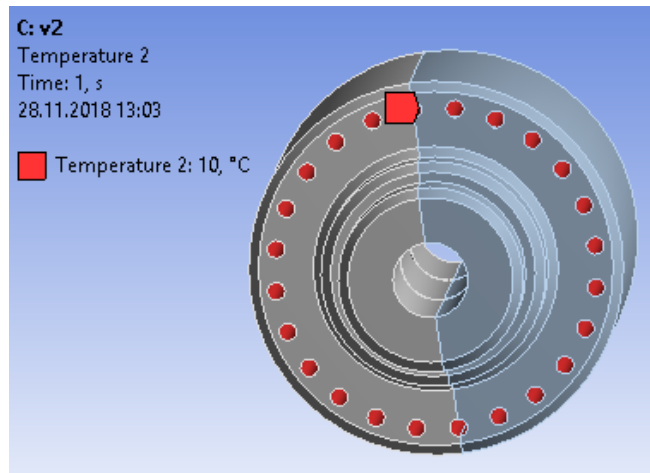


Рис. 2.11 Температура в каналах влка

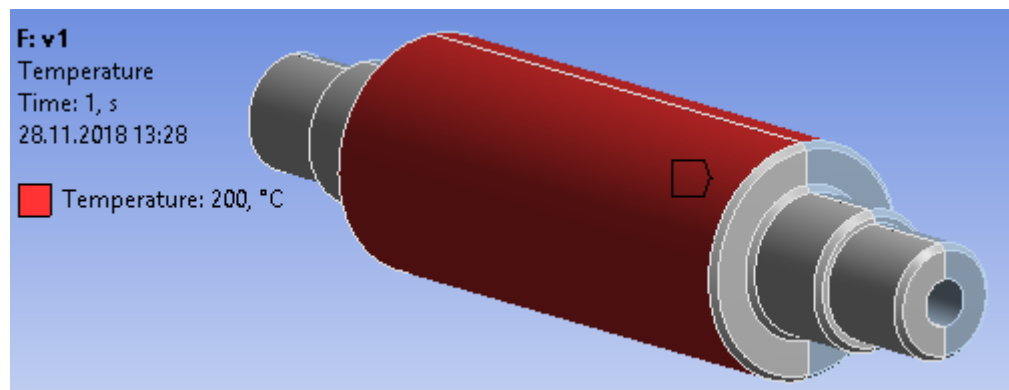


Рис. 2.12 Зовнішня температура пустотілого валка

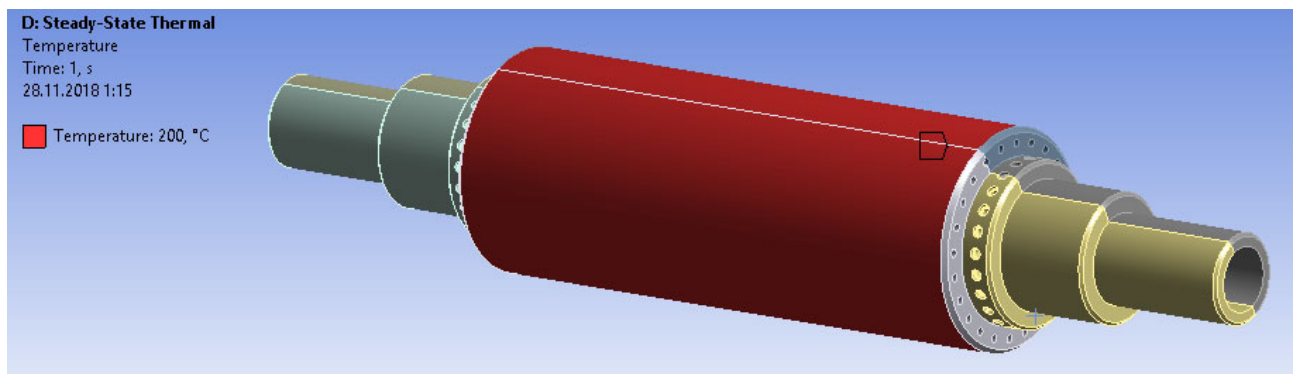


Рис. 2.13 Зовнішня температура модернізованого збірного валка

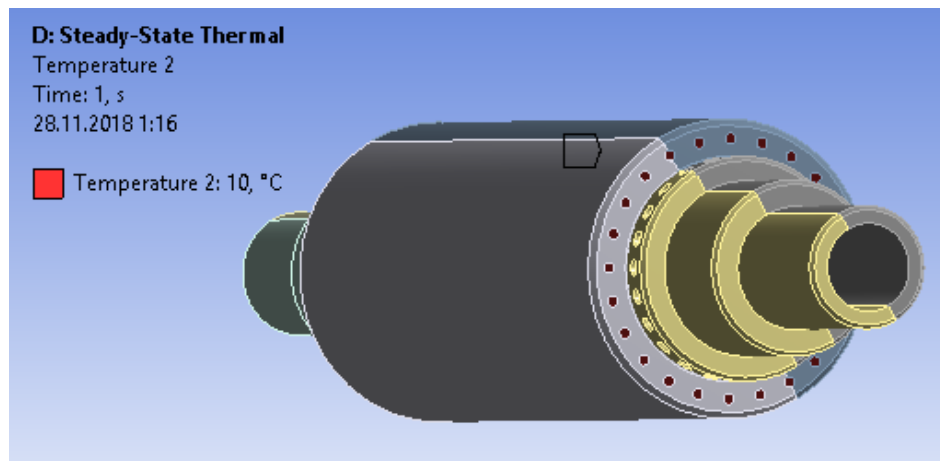


Рис. 2.14 Температура в каналах модернізованого збірного валка

Отримуємо мануар температурного поля рис. 2.15 – 2.17:

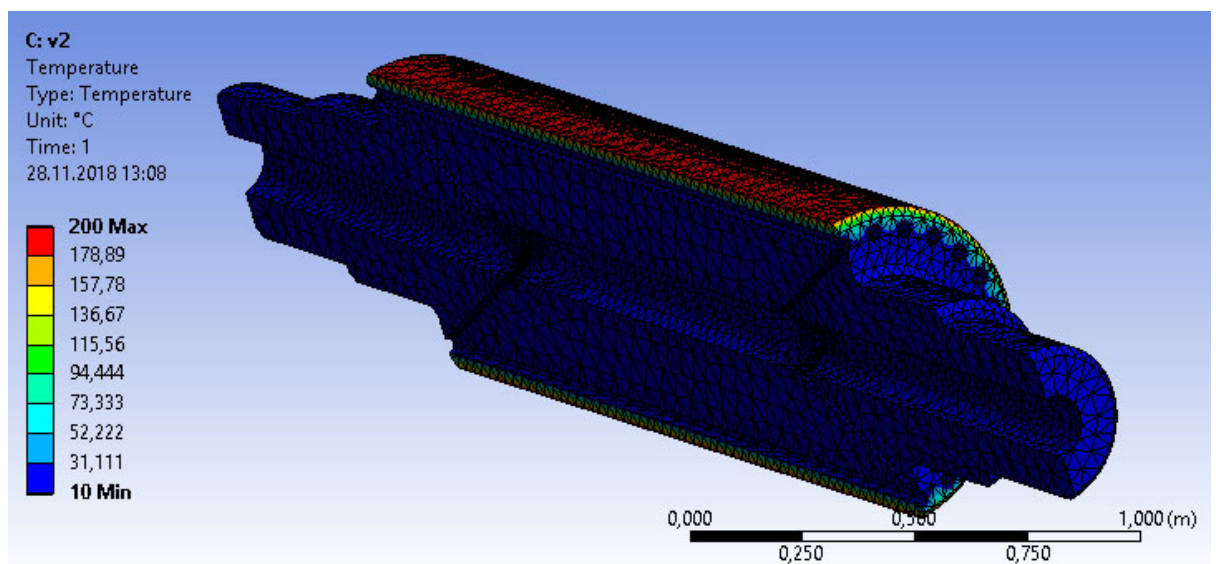


Рис. 2.15 Мануар температурного поля валка

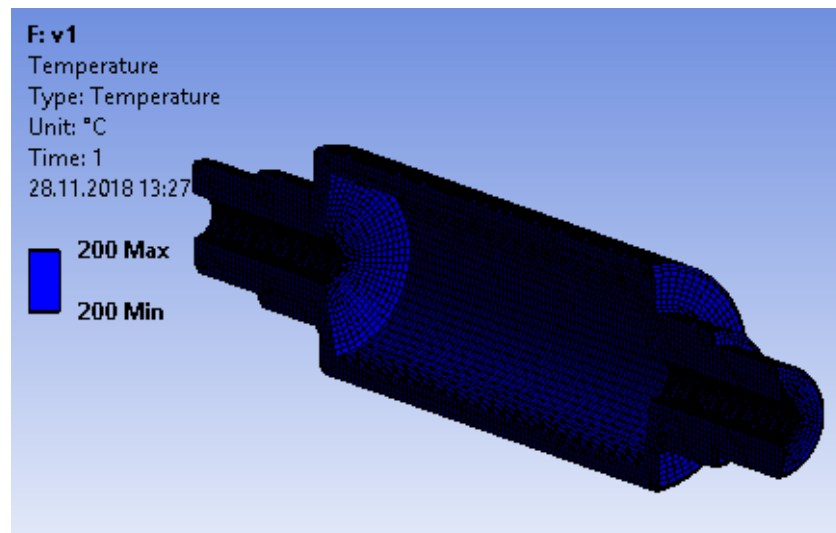


Рис. 2.16 Мануар температурного поля пустотілого валка

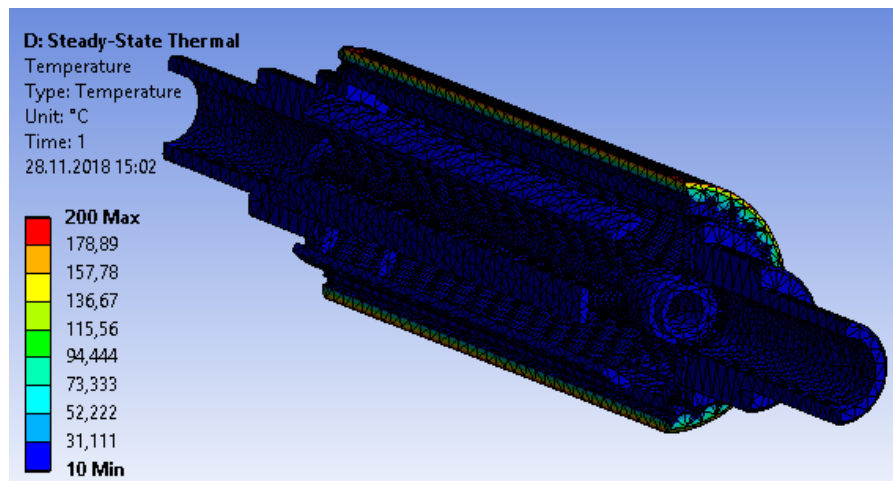


Рис. 2.17 Мануар температурного поля модернізованого збірного валка

В проекті Static Structural закріплюємо конструкції та навантажуюємо:

Виконуємо закріплення конструкцій рис. 2.18 – 2.20

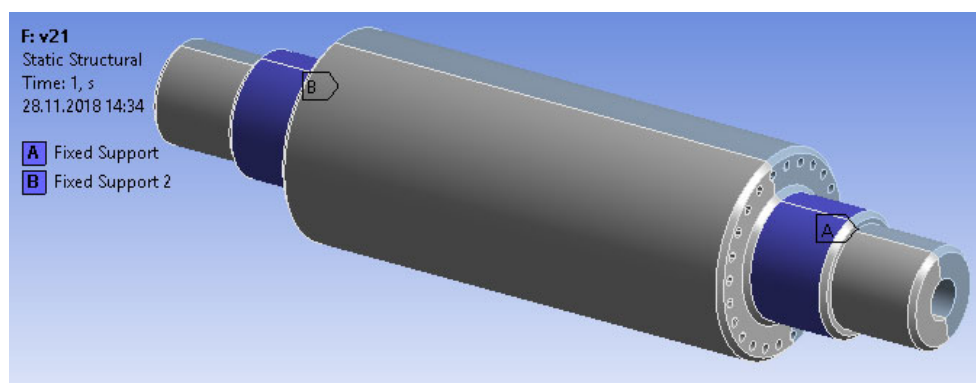


Рис. 2.18 закріплення конструкції валка

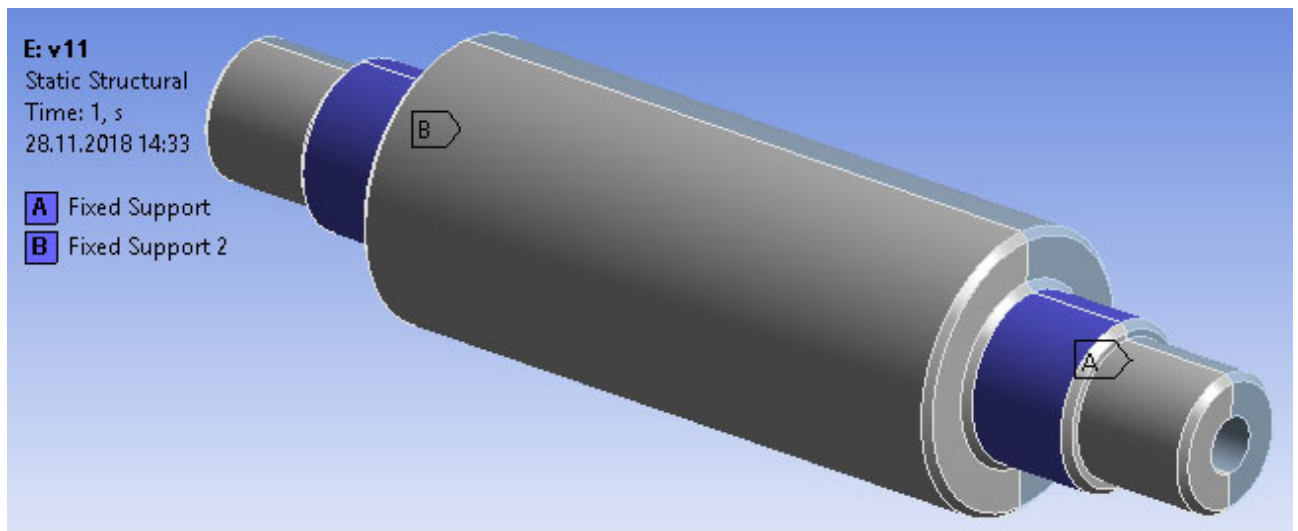


Рис. 2.19 закріплення конструкції пустотілого валка

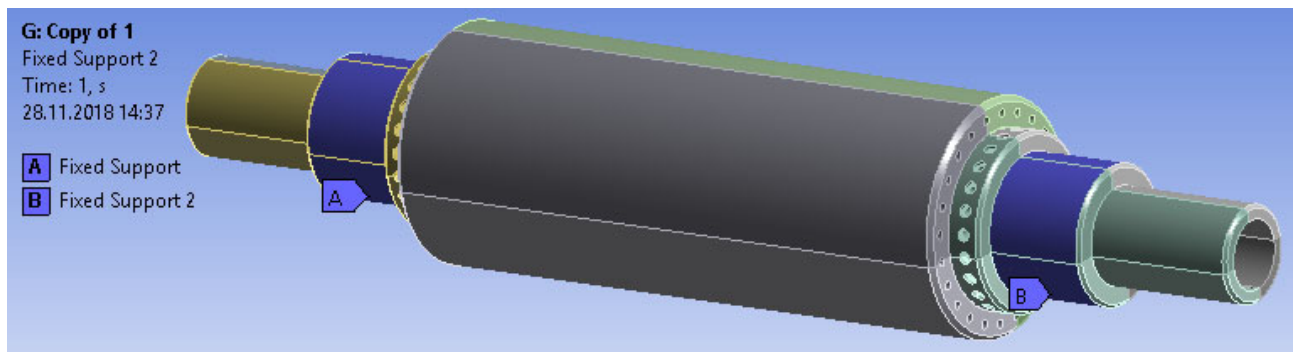


Рис. 2.20 закріплення конструкції модернізованого збірного валка

Навантажуюмо базові конструкції рис 2.21 – 2.22

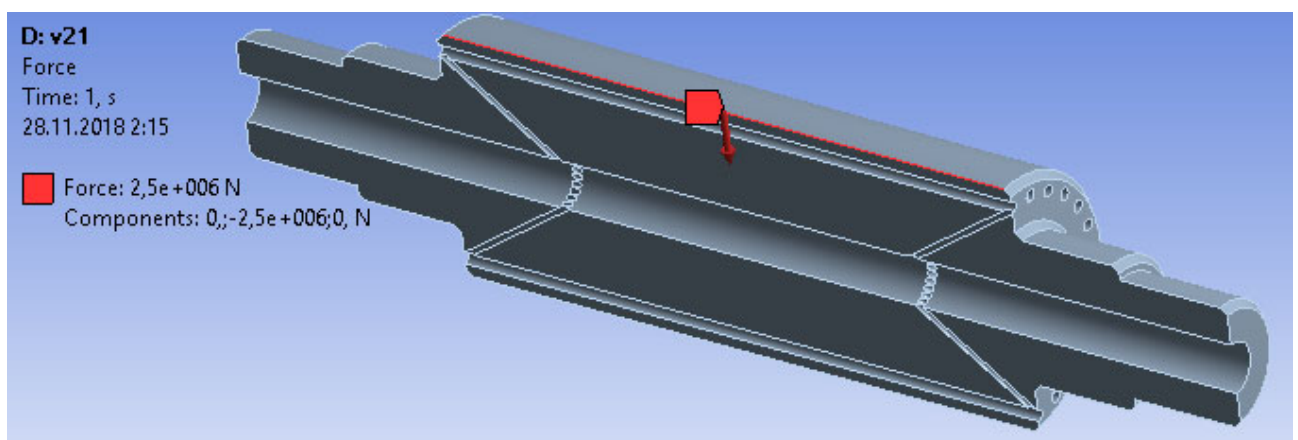


Рис. 2.21 Навантаження конструкції валка

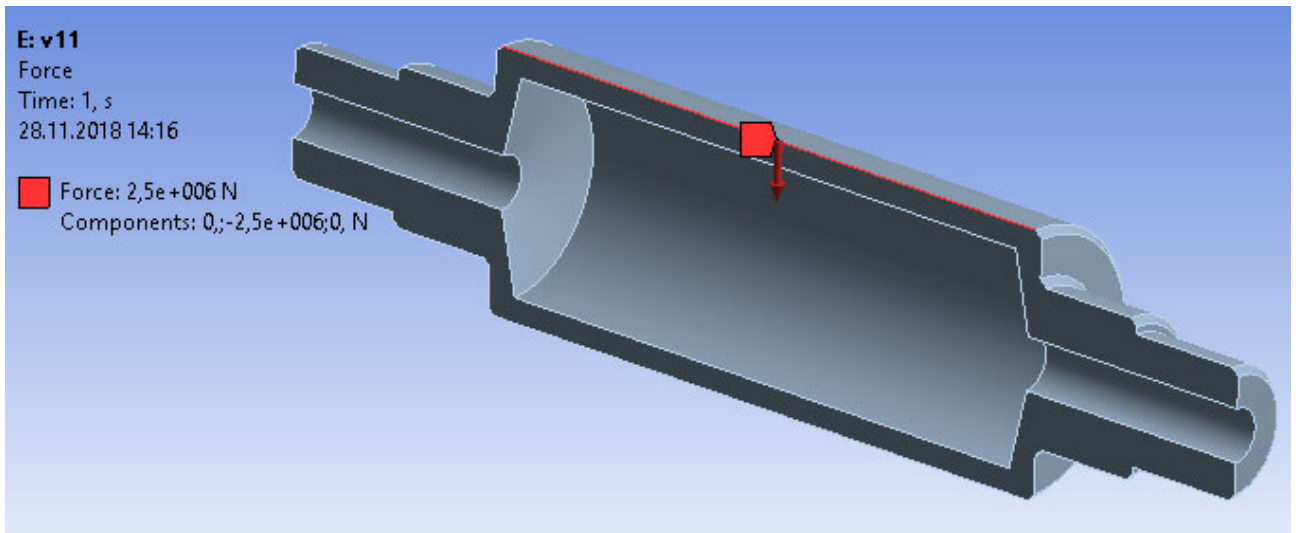


Рис. 2.21 Навантаження конструкції пустотілого валка

Навантажуюмо модернізовану збірну конструкцію валка двома способами:

- 1) Розподілене навантаження знаходиться над опорою рис. 2.22 – 2.23

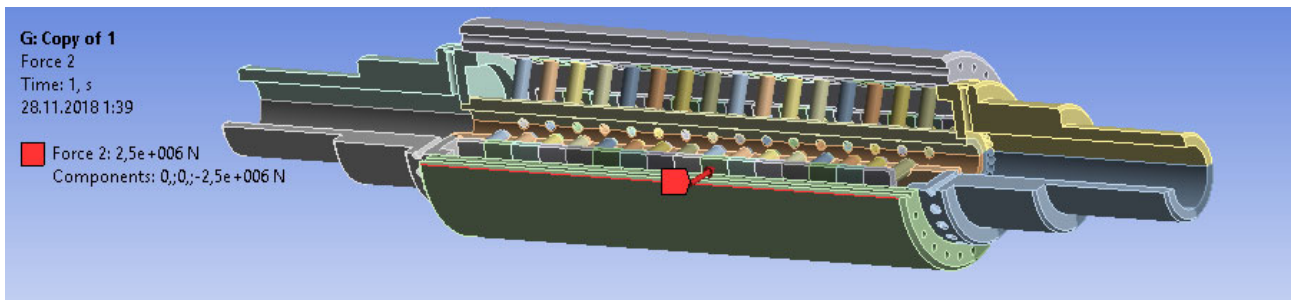


Рис. 2.22 Навантаження конструкції модернізованого збірного валка

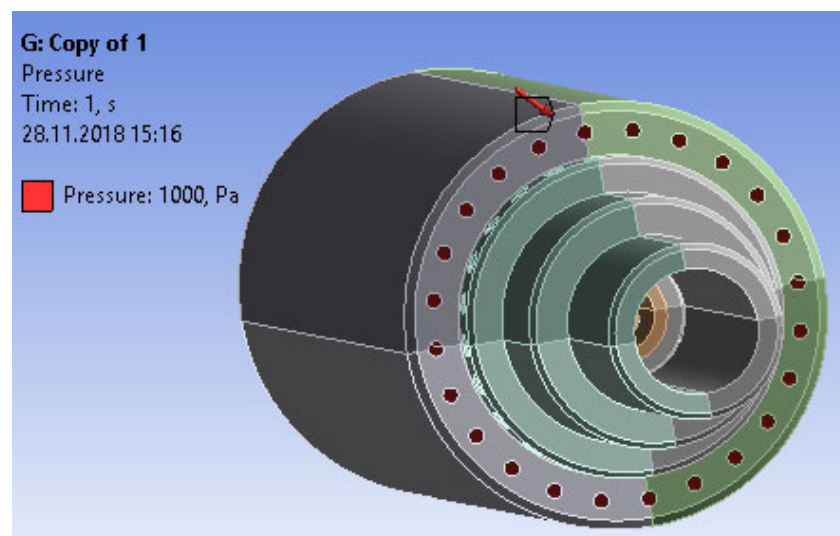


Рис. 2.23 Тиск в каналах охолодження модернізованого збірного валка

2) Розподілене навантаження знаходиться між опорами рис. 2.24 – 2.25

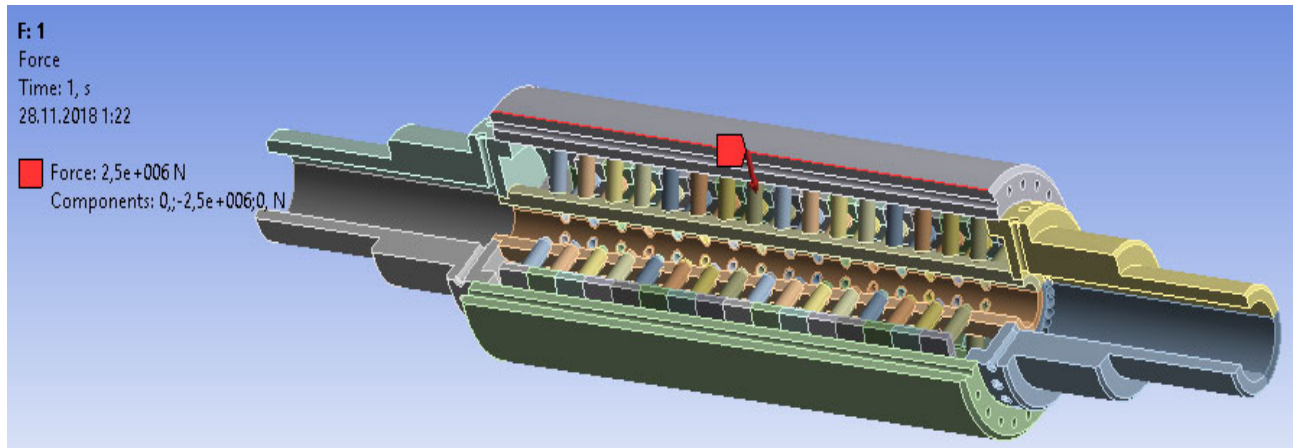


Рис. 2.24 Навантаження конструкції модернізованого збірного валка

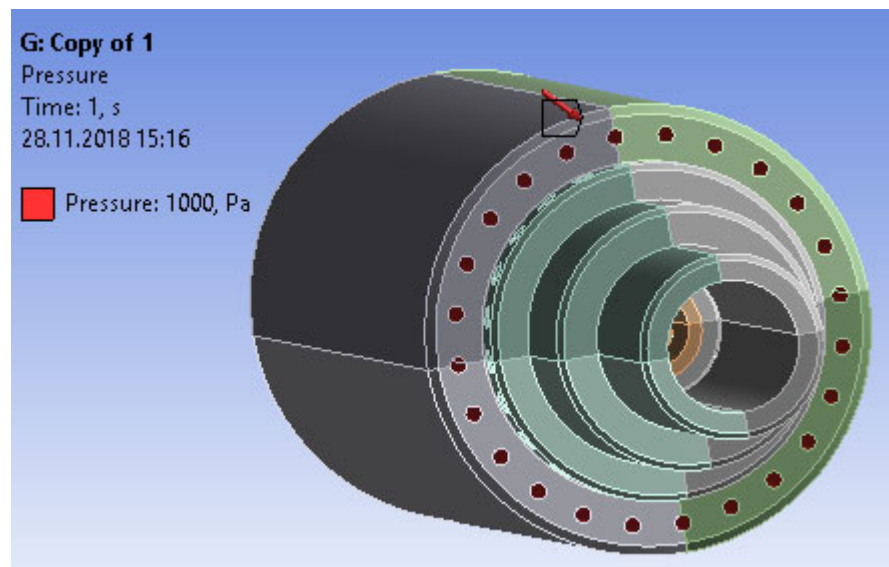


Рис. 2.25 Тиск в каналах охолодження модернізованого збірного валка

Провівши розрахунки отримуємо результати еквівалентних напружень та загальних деформацій даних конструкцій:

Еквівалентні напруження рис. 2.26 – 2.29.

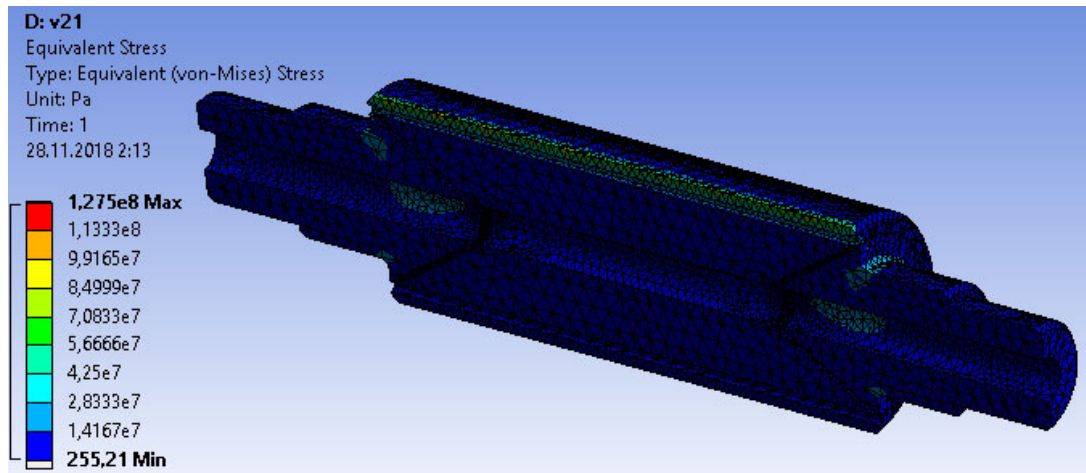


Рис. 2.26 Еквівалентні напруження валка

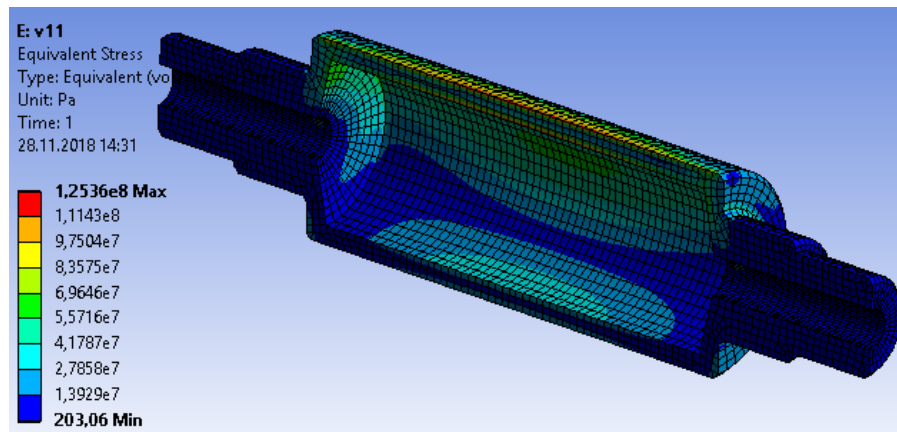


Рис. 2.27 Еквівалентні напруження пустотілого валка

Еквівалентні напруження *модернізованого збірного валка* для випадку коли розподілене навантаження знаходиться над опорою рис. 2.28

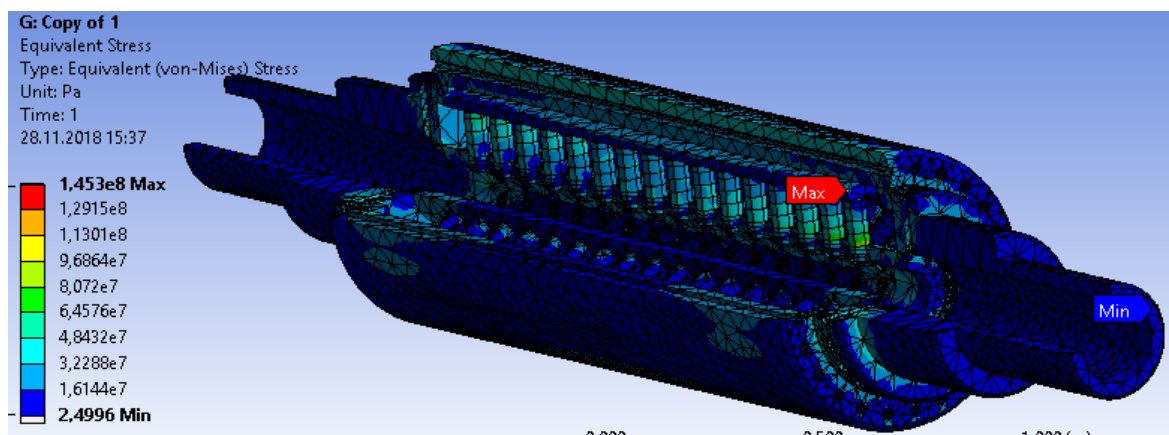


Рис. 2.28 Еквівалентні напруження модернізованого збірного валка

Еквівалентні напруження *модернізованого збірного валка* для випадку коли розподілене навантаження знаходиться між опорами рис. 2.29

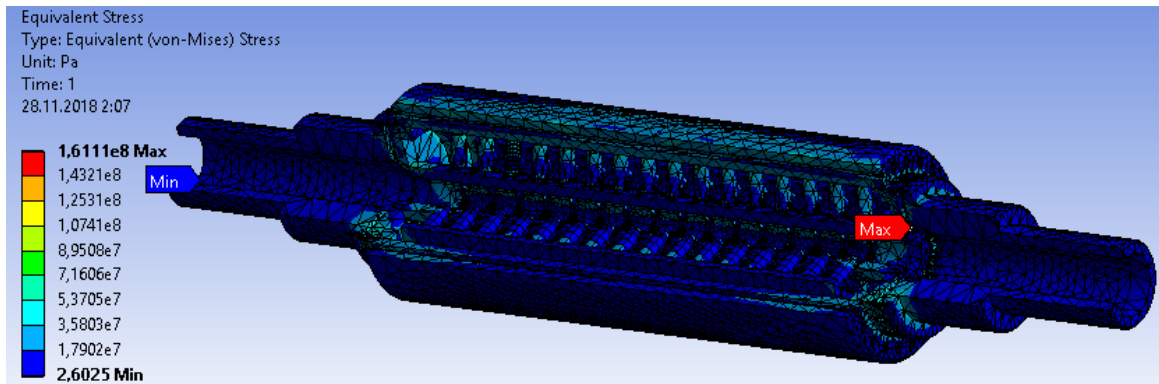


Рис. 2.29 Еквівалентні напруження *модернізованого збірного валка*

Абсолютна деформація конструкцій рис. 2.30 – 2.33

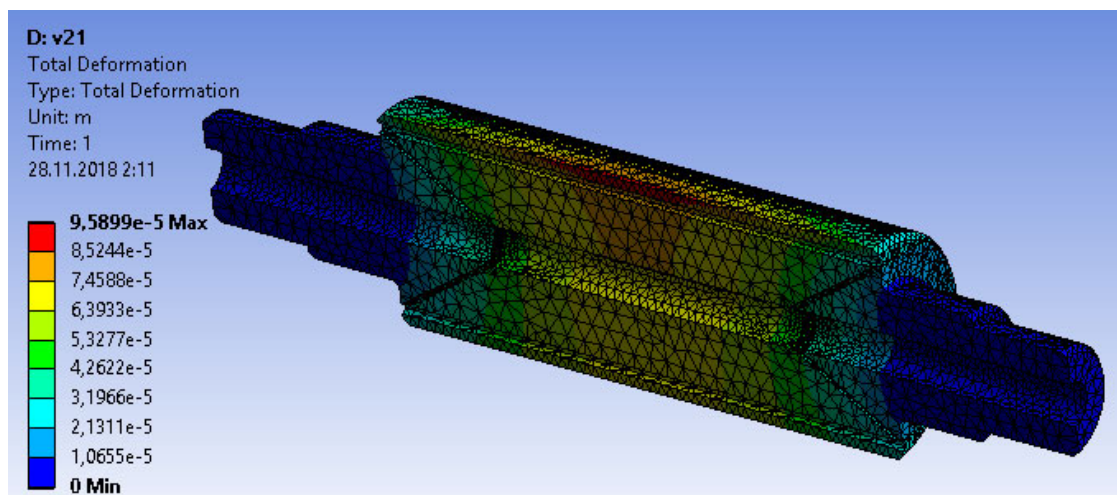


Рис. 2.30 Абсолютна деформація валка

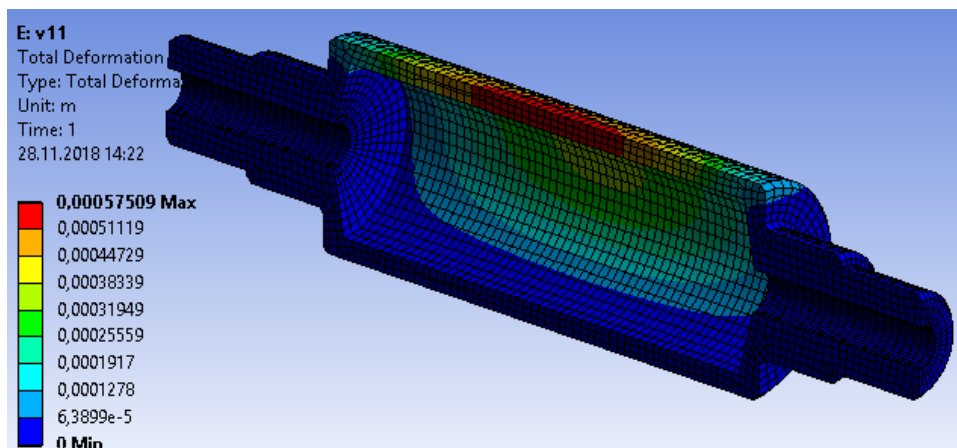


Рис. 2.31 Абсолютна деформація *пустотілого валка*

Абсолютна деформація модернізованого збірного валка для випадку коли розподілене навантаження знаходиться над опорою рис. 2.32

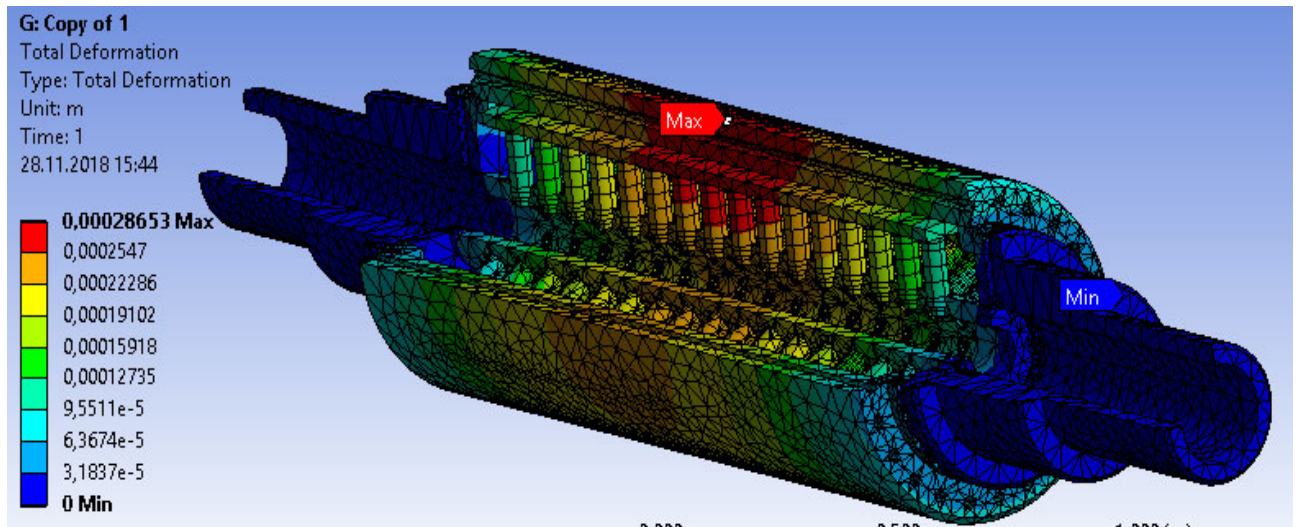


Рис. 2.32 Абсолютна деформація модернізованого збірного валка

Абсолютна деформація модернізованого збірного валка для випадку коли розподілене навантаження знаходиться між опорами рис. 2.33

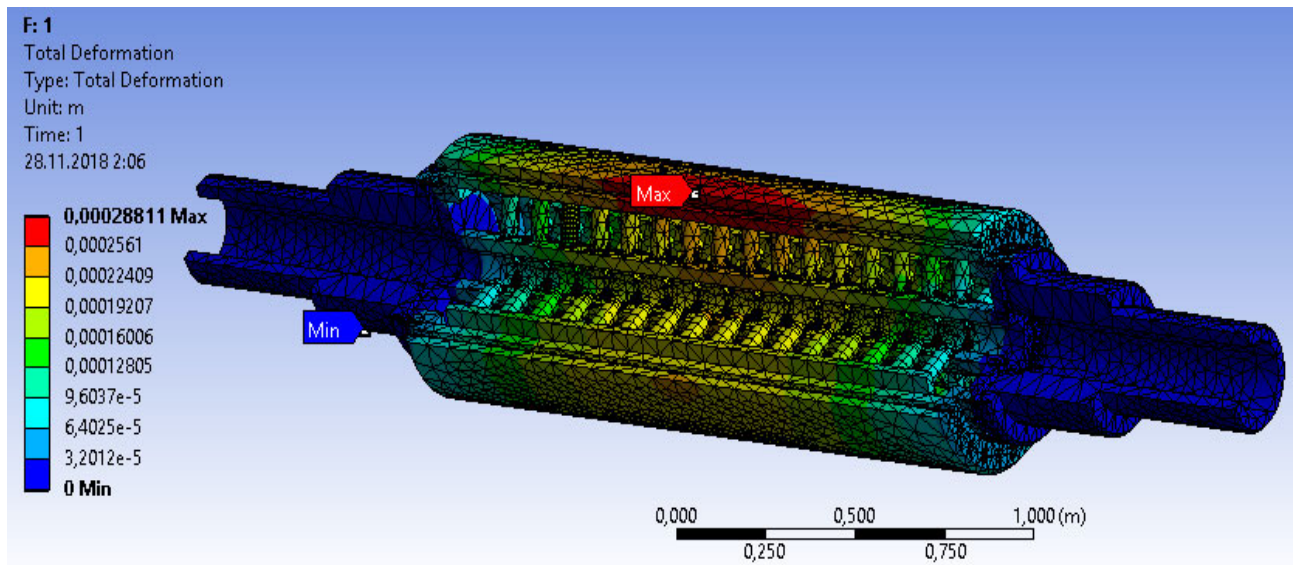


Рис. 2.33 Абсолютна деформація модернізованого збірного валка

Запас міцності конструкцій рис. 2.34 – 2.37

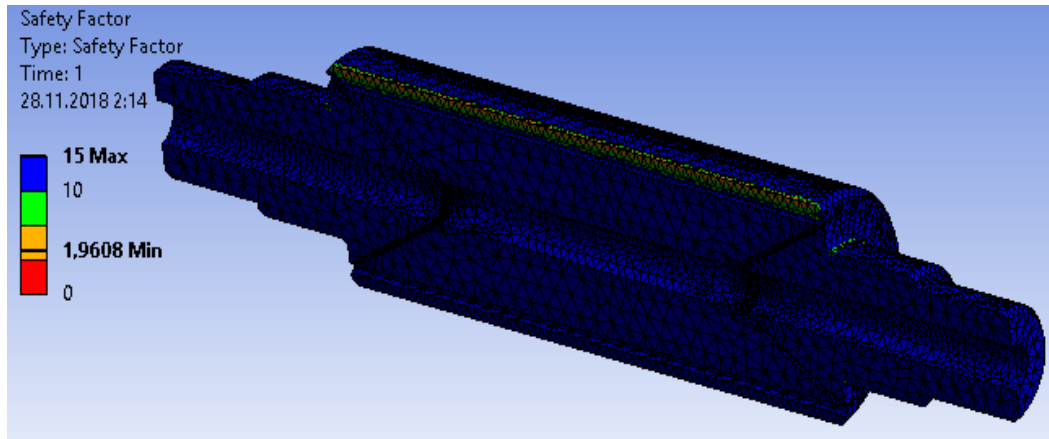


Рис. 2.34 Запас міцності валка

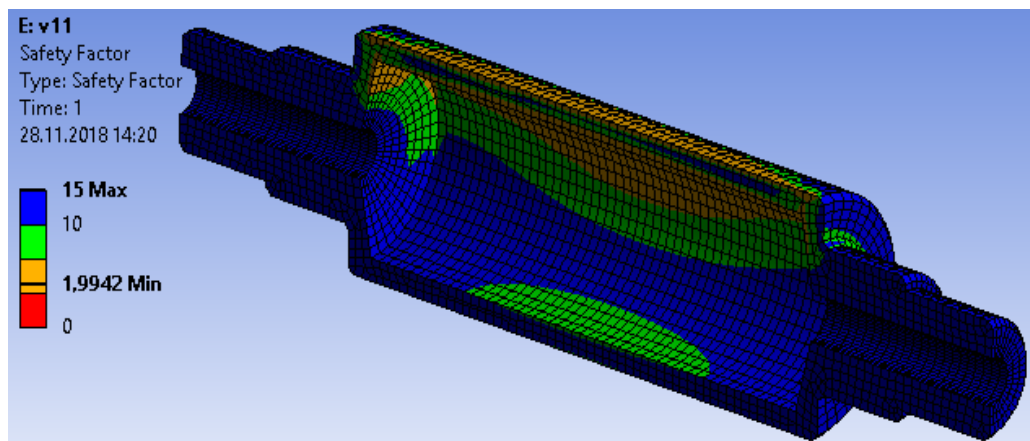


Рис. 2.35 Запас міцності пустотілого валка

Запас міцності модернізованого збірного валка для випадку коли розподілене навантаження знаходиться над опорою рис. 2.36

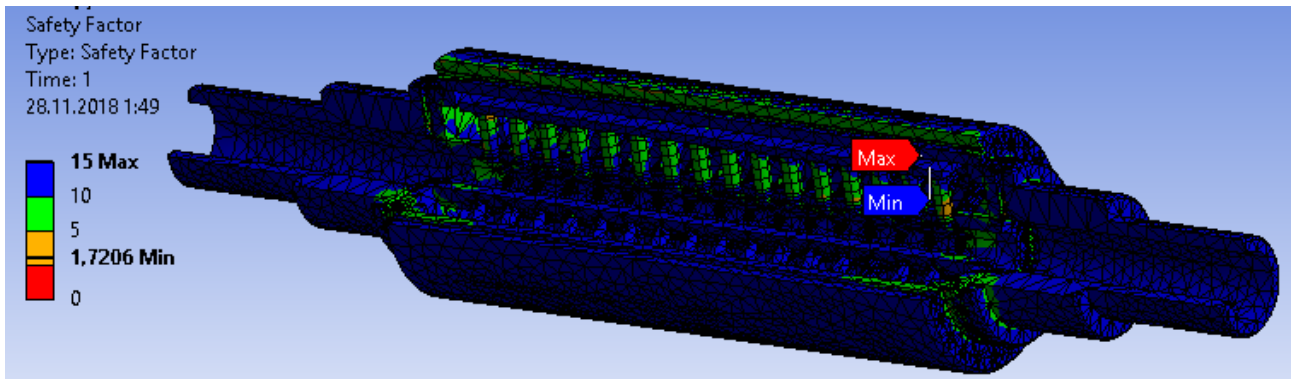


Рис. 2.36 Запас міцності модернізованого збірного валка

Запас міцності модернізованого збірного валка для випадку коли розподілене навантаження знаходиться між опорами рис. 2.37

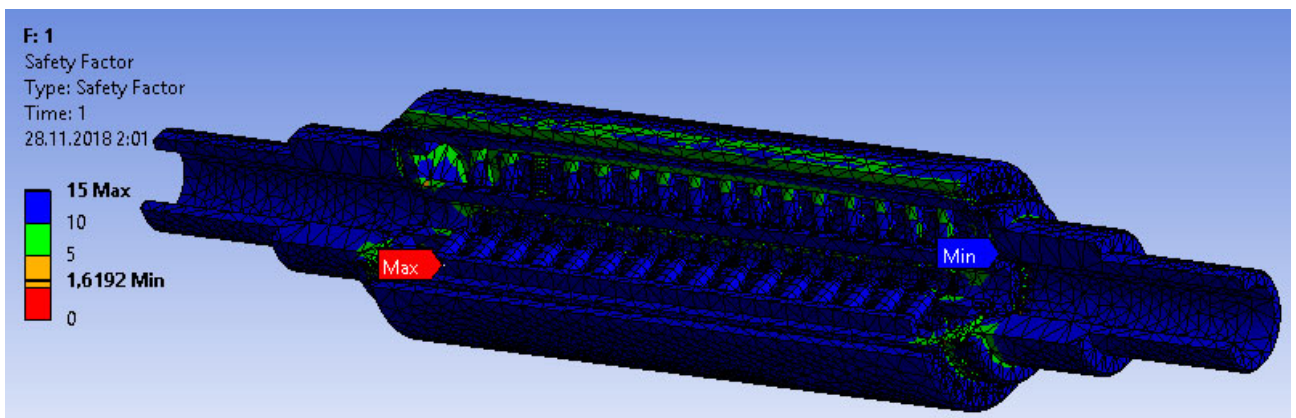


Рис. 2.37 Запас міцності модернізованого збірного валка

Оскільки запас міцності в модернізованій конструкції = 1.62 можемо збільшити навантаження.

Збільшуємо навантаження до 3МПа тиск в каналах залишаємо незмінним рис. 2.38

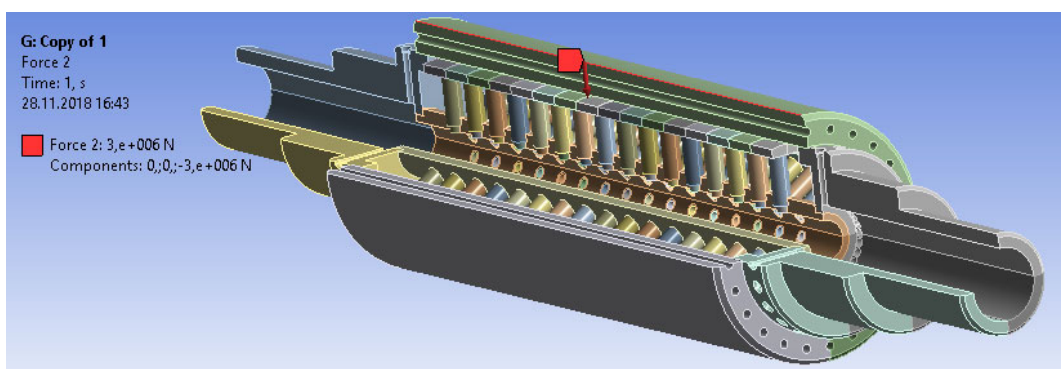


Рис. 2.38. Навантаження конструкції модернізованого збірного валка

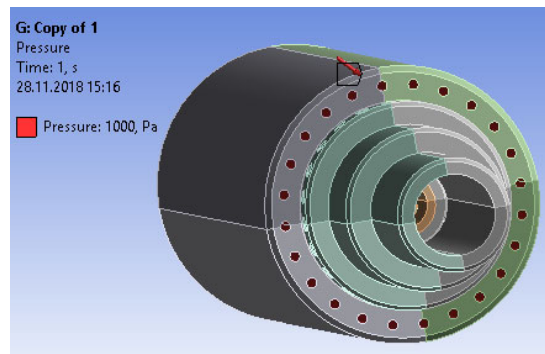


Рис. 2.39 Тиск в каналах охолодження модернізованого збірного валка

Еквівалентні напруження модернізованого збірного валка

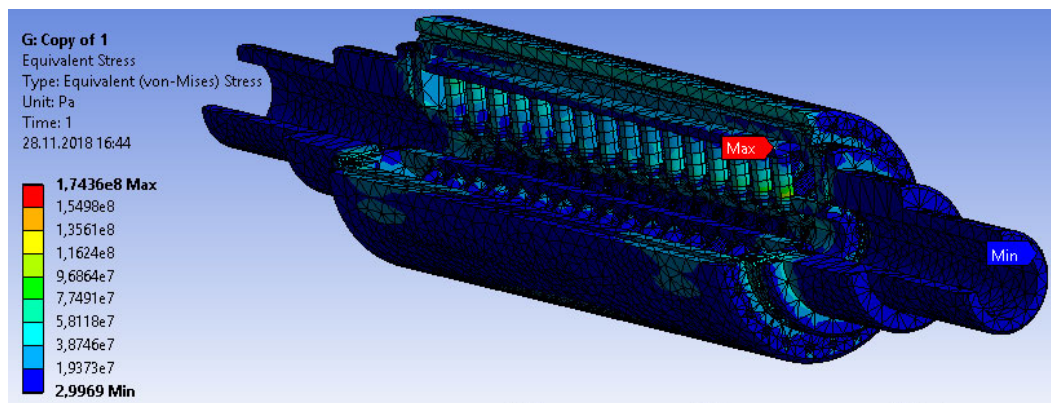


Рис. 2.40. Еквівалентні напруження модернізованого збірного валка

Абсолютна деформація модернізованого збірного валка

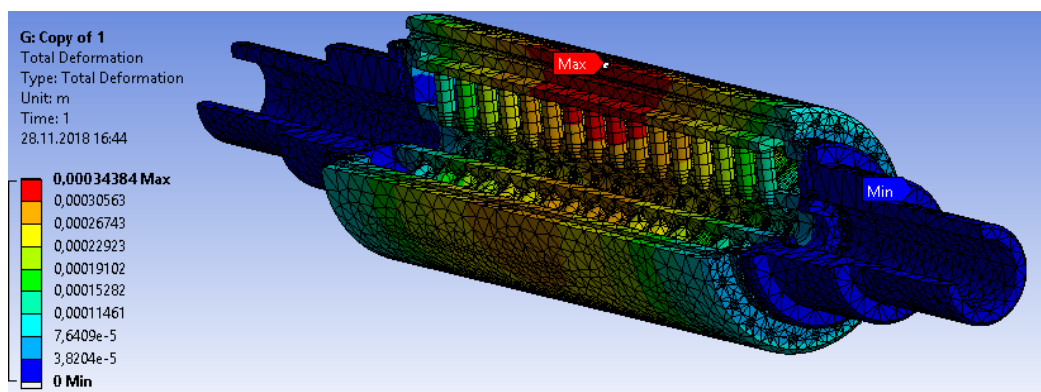


Рис. 2.41 Абсолютна деформація модернізованого збірного валка

Запас міцності модернізованого збірного валка

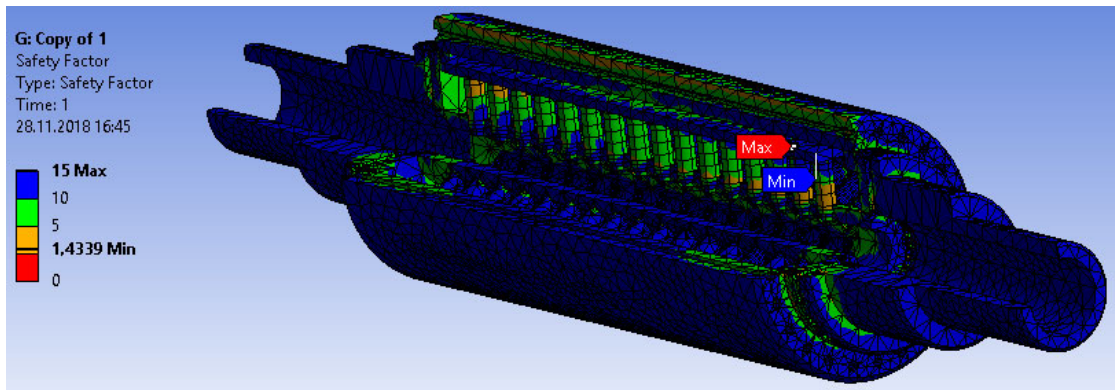


Рис. 2.42 Запас міцності модернізованого збірного валка

Збільшуємо навантаження до 4 МПа

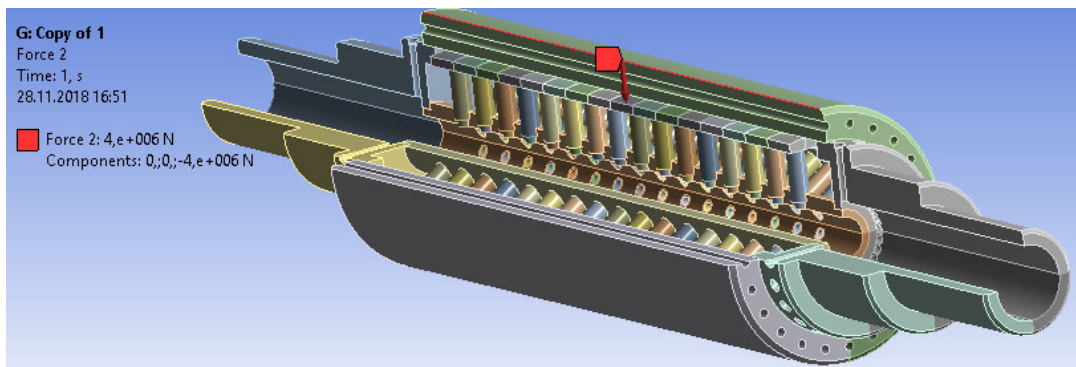


Рис. 2.43. Навантаження конструкції модернізованого збірного валка

Еквівалентні напруження модернізованого збірного валка

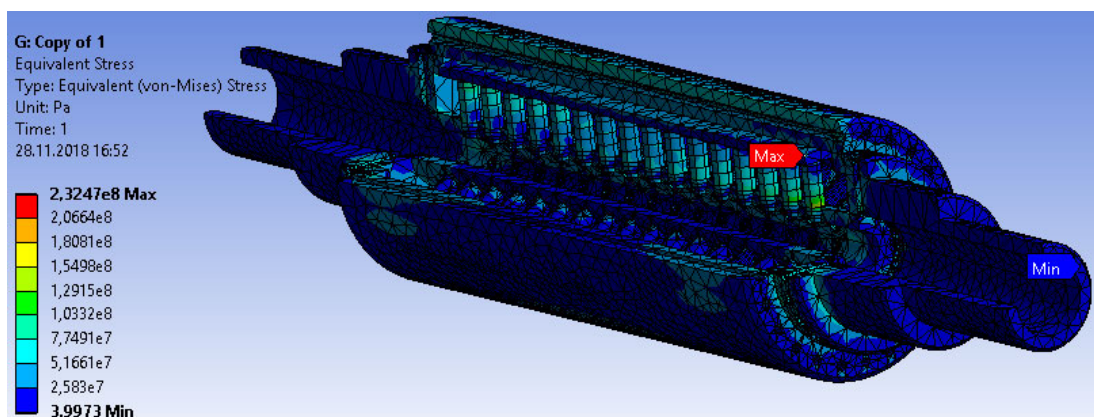


Рис. 2.44. Еквівалентні напруження модернізованого збірного валка

Абсолютна деформація модернізованого збірного валка

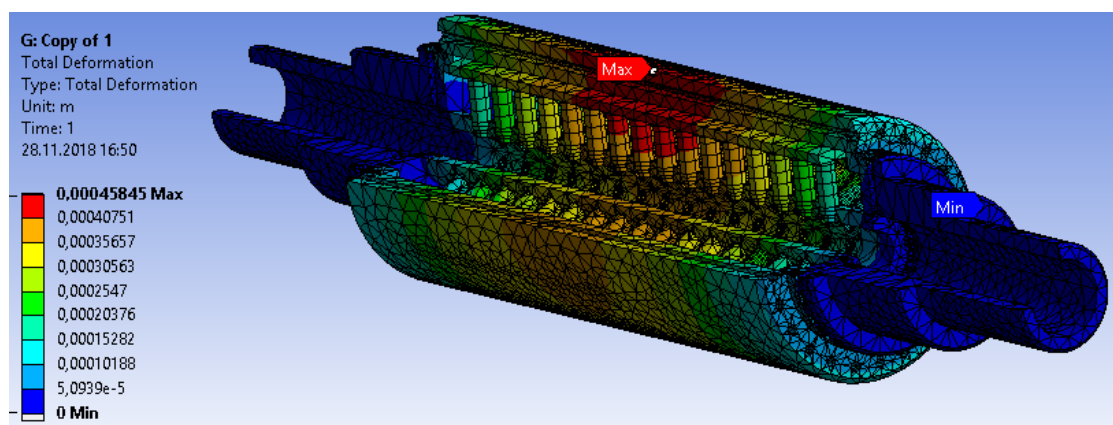


Рис. 2.45 Абсолютна деформація модернізованого збірного валка

Запас міцності модернізованого збірного валка

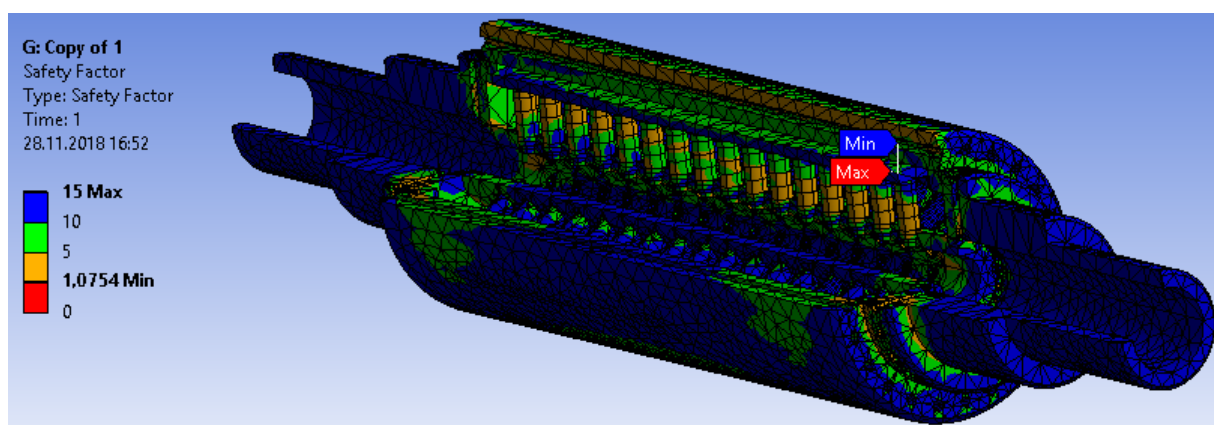


Рис. 2.46. Запас міцності модернізованого збірного валка

Провівши розрахунки в системі ANSYS робимо висновки: отримали максимальне еквівалентні напруження: валка 127,5 МПа, пустотілого валка 125,3 МПа, модернізованого збірного валка у випадку розміщення навантаження над опорами 145,3 МПа, модернізованого збірного валка у випадку розміщення навантаження між опорами 161,1 МПа; максимальні деформації становлять: ваока $0,95 \cdot 10^{-5}$ м, пустотилого валка $5,7 \cdot 10^{-5}$ м, модернізованого збірного валка у випадку розміщення навантаження над опорами та між ними $2,7 \cdot 10^{-5}$ м. Запас міцності модернізованого збірного валка 1,72 та 1,61, для навантаження в 2,5 МПа. Максимально можливе навантаження для модернізованої конструкції становить 4 МПа, при цьому запас міцності

рівний 1,07 а максимальна деформація становить $4,3 \cdot 10^{-5}$ м. Збільшити запас міцності можливо за рахунок зміни конфігурації цапфи . Збільшення цих аспектів забезпечить більшу площу дотику що в свою чергу збільшить міцність конструкції. Різниця між еквівалентними напруженнями в різних способах навантаження валка не перевищує 5%, різниця між максимальними деформаціями в різних способах навантаження валка теж не перевищує 5%. За отриманими даними робимо висновок що дана конструкція придатна для використання.

3 Проектування в системі AutoLISP

3.1. Структура програмного модуля.

Розроблена система надає можливість виконувати параметризовані креслення за допомогою задання значень параметрів або їх корегуванням. Введення і коректування задається інформації здійснюється в інтерактивному режимі з використанням екранного і падаючого меню AutoCAD, а також із середовища графічного редактора.

Введення чисельних величин здійснюється з екрану і рядків підказок. Система розміщена в каталозі d:\Uchoba\Dr. У каталозі DP повинні знаходитися файли «Lrd_1.DCL», «val.lsp», в яких містяться програми. Крім того в каталозі також знаходяться файл: «val.sld».

Всі виконувані функції наведені в додатку. У файлі «Lrd_1.DCL» знаходиться програма з «ресурсів» для опису формату діалогового вікна, для виконання креслення

У файлі «val.lsp» розміщена програма на мові AutoLISP, яка виконує креслення зображення деталі.

У файлі «valok.sld» розміщено зображення валка, що передається в діалогове вікно.

У програмах використовуються наступні підпрограми для виконання певних функцій:

1. (vvod_ISX_2d)– введення в основну програму стандартних початкових даних;
2. (val_2d)– побудова основного креслення конструкції;
3. (point_draw) – розрахунок всіх точок, необхідних для креслення;
4. (val_3d) – побудова твердоті лої деталі;

5. (otp) – повертає координати точки, розміщеної між двома заданими точками на відстані , відображені у точках (в абсолютних одиницях– від 0 до 1) від величини відрізка між двома початковими точками;
6. (sp) – повертає координати точки, симетричній заданій точці відносно горизонтальної лінії, що проходить через базову точку;
7. (ramka) – поїдпрограма виконує креслення рамки і штампа креслення;
8. (Proverka) – поїдпрограма виконує перевірку правильності вводу числових значень змінних;

3.2. Блок-схема програми

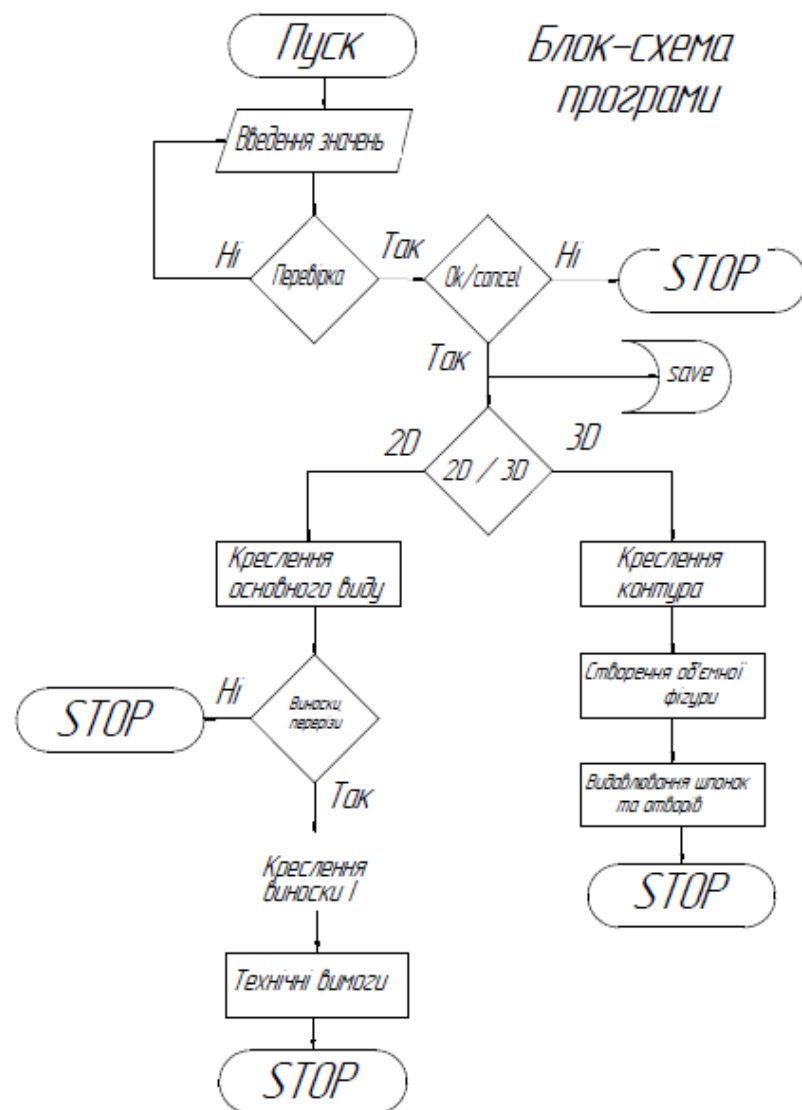


Рис. 6.1. блок схема

3.3 Опис роботи системи

При запуску програми на екрані з'являється діалогове вікно наведене на рис.6.2. Формат цього діалогового вікна визначається в файлі "dial.dcl". Вікно складається з трьох основних частин:

1. Ескізу креслення – служить для полегшення вводу формальних параметрів, і відображає їх назву. Використовується слайд, записаний в файлі "slide.sld".
2. «Выполнение» – містить клавіші такі керування: «Проверка», «2D», «3D», «Cancel» і поле задання масштабу.
3. Поля задання розмірів, для зручності керування поділено погрупам: «Диаметры», «Длины»

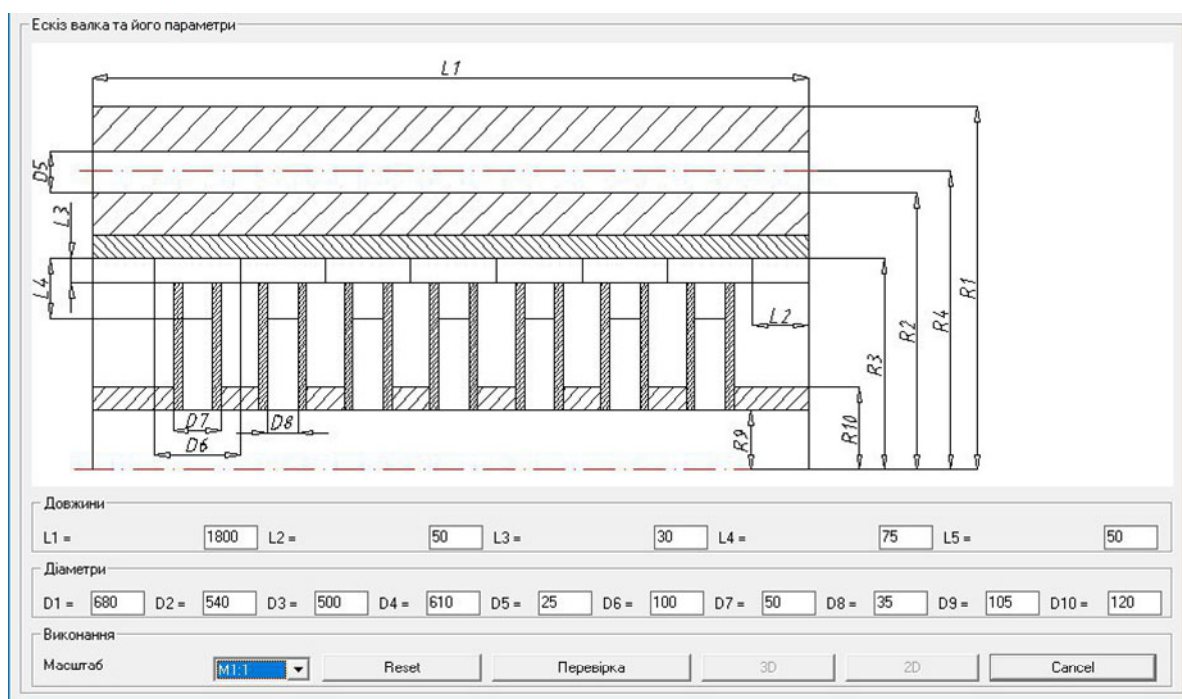


Рис. 3.2 Діалогове вікно

Зміна параметрів креслення осі для упорного ролика виконується вибором одного з дійсних значень або вводом необхідного значення параметра в відповідне віконце діалогового вікна. Для зміни параметра в діалоговому вікні потрібно за допомогою "миші" підвести курсор до відповідного вікна і натиснути ліву клавішу на "миші". Після цього з клавіатури вводиться нове

значення. Введене нове значення відображається в відповідному віконці діалогового вікна.

В ці поля задання розмірів вносяться значення діаметрів і довжин в відповідності з слайдом валка каландра.

The screenshot shows a dialog box titled 'Виконання' (Execution). It contains three sections: 'Довжини' (Lengths) with fields L1=1800, L2=50, L3=30, L4=75, L5=50; 'Діаметри' (Diameters) with fields D1=680, D2=540, D3=500, D4=610, D5=25, D6=100, D7=50, D8=35, D9=105, D10=120; and 'Виконання' (Execution) with a 'Масштаб' (Scale) dropdown set to 'M1:1', and buttons for 'Reset', 'Перевірка' (Check), '3D', '2D', and 'Cancel'.

Рис. 3.3 поле значення розмірів.

Поле «Масштаб» включає в себе набір, що визначає допустимі масштаби креслення.

The screenshot shows the 'Масштаб' (Scale) dropdown menu. The current selection is 'M1:1'. The dropdown list is open, showing the following options: M1:4, M1:5, M1:4, M1:2,5, M1:2, and M1:1.

Рис. 3.4 Поле масштабів

В полі керуючих клавiш входять кнопки – «2D», «3D Модель», «Сброс» «Отмена» і «Проверка».

The screenshot shows the 'Виконання' (Execution) dialog box. It features a 'Масштаб' (Scale) dropdown set to 'M1:1', and buttons for 'Reset', 'Перевірка' (Check), '3D', '2D', and 'Cancel'.

Рис. 3.5 Поле керування

Кнопка «2D».

Якщо натиснути цю кнопку, то виконується побудова креслення адаптера для червячного преса по введеним значенням параметрів.

Кнопка «3D Модель».

Якщо натиснути цю кнопку, то виконується побудова тривимірної моделі адаптера для червячного преса за введеним значенням параметрів.

Кнопка «Отмена».

Вихід з програми редагування креслення і діалогового вікна.

Кнопка «Сброс»

Якщо натиснути цю кнопку, то виконується скидання значень розмірів на стандартні, тобто які задані за умовою в програмі.

Кнопка «Проверка»

Якщо натиснути цю кнопку, то виконується перевірка введених значень розмірів, якщо помилок не виявлено, кнопки «2D» і «3D» стають доступними для користування.

При невірному вводі значень виводиться повідомлення, з зазначеною помилкою, так як це наведено на рис. 3.6.

Значение D3=50 должно быть меньше чем D4=40

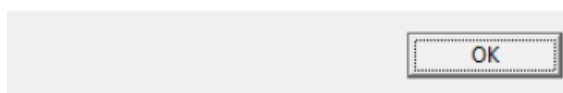


Рис. 6.6 неправильно введені дані

При вірному вводі значень виводиться повідомлення

В исходных данных ошибок не обнаружено

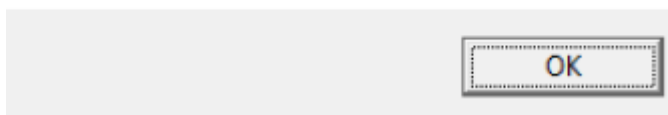


Рис. 6.7 правильно введені дані

При зміні хоча б одного розміру, кнопки «2D» і «3D Модель» автоматично відключаються, тим самим роблячи необхідним виклик перевірки.

Для виконання креслення використовується наступний алгоритм.

1. Введення початкових даних з параметризованих креслень вузла осі для упорного ролика.
2. Корегування даних у діалоговому вікні.
3. Рисунок рамки і вибір базової точки.
4. Визначення упорних точок і виконання рисунка креслення.
5. Простановка розмірів і вивід тексту.
6. Побудова виносок.

При виконанні пункту 3 розмір рамки автоматично підбирається відповідно до введених параметрів та масштабу. Базова точка указується за допомогою лівого кліка миші на робочому просторі AutoCAD.

Упорні точки визначаються відносно базової і зав'язані з введеними раніше значеннями діаметрів лінійних розмірів радіусів і фасок, а також масштаба.

Отримане креслення є стандартним, і з ним можна працювати використовуючи будь-які команди AutoCAD.

4 Результати проектування програми

4.1 Креслення адаптера

При виконанні креслення валка каландра з базовими даними та використанні масштабу М1:1 отримаємо креслення приведені на рис. 7.1. Креслення виконується після перевірки введених даних кнопка «Перевірка» та виконання креслення – кнопка «2D».

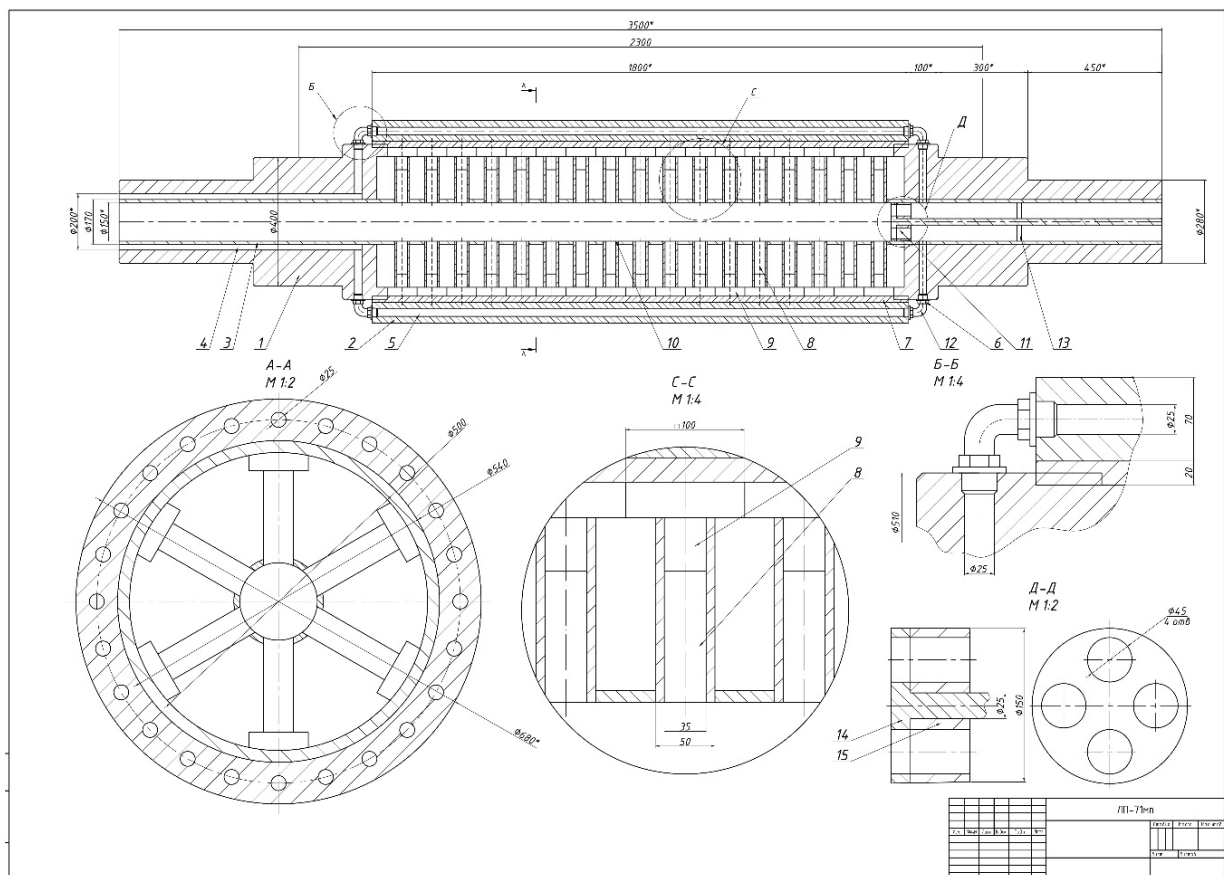


Рис. 4.1. креслення валка

4.2 3D модель валка

Після натиснення кнопки «3D» виконується твердотіла моделювання за даними введеними при задані даних для креслення.

За точками геометрії (рис.7.2.) визначається контур і будується твердотільна модель шляхом обертання контура на кут 360° . Після чого

будуємо $\frac{3}{4}$ частини делалі. Модель може бути побудована незалежно від креслення, оскільки має власний алгоритм розрахунку точок.

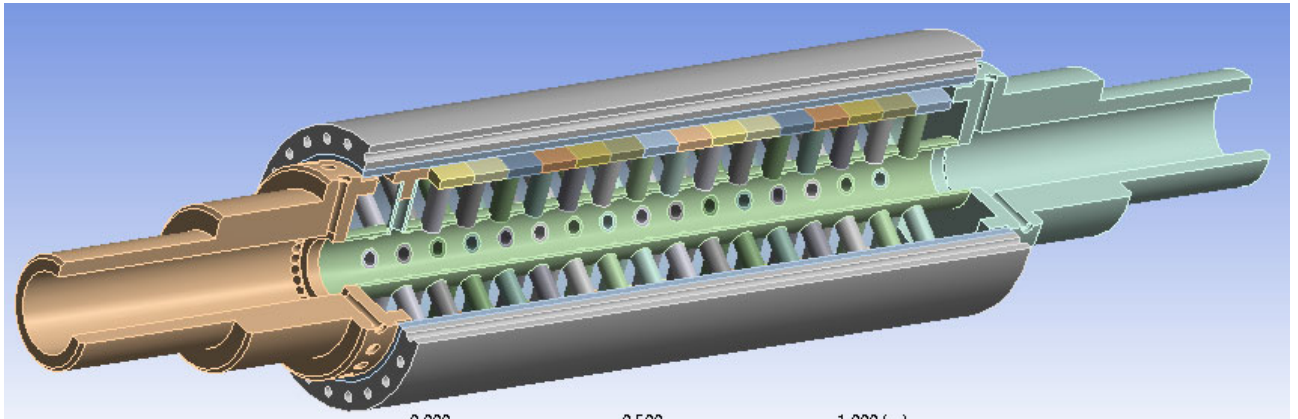


Рис. 8.2. 3D модель валка

Висновки

Метою даної роботи була модернізація валка каландра. Для цього було проведено наступні розрахунки даного валка: параметричний розрахунок, температурні напруження, прогин валка, продуктивність каландра, тепловий баланс, розрахунок охолодження підшипників, та порівняли базові конструкції валків та модернізовану в результаті яких отримали:

максимальне еквівалентні напруження: валка 127,5 МПа, пустотілого валка 125,3 МПа, модернізованого збірного валка у випадку розміщення навантаження над опорами 145,3 МПа, модернізованого збірного валка у випадку розміщення навантаження між опорами 161,1 МПа; максимальні деформації становлять: ваока $0,95e-5$ м, пустотилого валка $5,7e-5$ м, модернізованого збірного валка у випадку розміщення навантаження над опорами та між ними $2,7e-5$ м. Запас міцності модернізованого збірного валка 1,72 та 1,61, для навантаження в 2,5 МПа. Максимально можливе навантаження для модернізованої конструкції становить 4 МПа, при цьому запас міцності рівний 1,07 а максимальна деформація становить $4,3e-5$ м. Збільшити запас міцності можливо за рахунок зміни конфігурації цапфи. Збільшення цих аспектів забезпечить більшу площу дотику що в свою чергу збільшить міцність конструкції.

Виходячи з цих даних робимо висновок що розроблена машина є повністю працездатною та більш вигідною в промисловості. За допомогою вдосконаленої конструкції отримуємо більш якісну продукцію та зменшуємо габарити агрегату за рахунок впровадження змін.